

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

“EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS CON ADOQUINES DE CONCRETO
EN LAS PARROQUIAS PERTENECIENTES A LA ADMINISTRACIÓN ZONAL
QUITUMBE EN EL SUR DE QUITO. CASOS DE ESTUDIO: CALLES
PERTENECIENTES A LAS PARROQUIAS CHILLOGALLO Y LA ECUATORIANA.”

FRANCISCO FABIÁN ALEMÁN GARCÍA

SANTIAGO FERNANDO CANTOS CORTEZ

DIRECTOR: ING. LAURO ARMANDO LARA CARRERA

QUITO, 2016

Agradecimiento

Expresamos nuestro más sincero y profundo agradecimiento a Dios, que gracias a su voluntad hemos culminado esta etapa de nuestras vidas. A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a la Facultad de Ingeniería, a nuestros profesores y amigos que han hecho de esta experiencia única e inolvidable.

A nuestras familias, que fueron nuestra inspiración, nuestro apoyo y fortaleza en los momentos más difíciles.

Finalmente, agradecemos a los Ingenieros Lauro, Patricio y Juan, que nos brindaron todas las facilidades para poder realizar la presente disertación y que más que profesores, son nuestros amigos.

Santiago y Francisco

Dedicatoria

A mi padre, por ser mi inspiración.

A mi madre, por su infinito amor y sacrificio.

Edú y José, mis mejores amigos, mis hermanos.

Santiago Fernando Cantos Cortez

Dedicatoria

A Mayte, mi bella princesa, por ser mi inspiración.

A mis hermanos, Jazmín y Luis, por ser mi gran ejemplo y
jamás dejar de creer en mí.

Y finalmente a Elizabeth, mi compañera, por haber sido el
obstáculo más grande a vencer durante todos estos años.

Francisco Fabián Alemán García

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xi |
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| 1 GENERALIDADES..... | 3 |
| 1.1 Introducción | 3 |
| 1.2 Adoquinado..... | 6 |
| 1.3 Sub base | 7 |
| 1.4 Cama de Arena..... | 8 |
| 1.5 Adoquines de concreto..... | 9 |
| 1.5.1 Patologías de adoquines de concreto | 10 |
| 1.6 Comportamiento estructural de los pavimentos de adoquines de concreto | 12 |
| 1.7 Diseño de estructuras de pavimentos con adoquines de concreto en el Ecuador | 12 |
| 1.7.1 Método Norma GPE INEN 45. Adoquines de hormigón para tránsito ligero..... | 13 |
| 1.7.2 Método Norma GPE INEN 44. Adoquines de hormigón para tránsito pesado ... | 15 |
| 1.8 Otros métodos utilizados para el diseño de pavimentos con adoquines de concreto.. | 16 |
| 1.8.1 Método Australiano | 17 |
| 1.8.2 Método Japonés | 18 |
| 1.8.3 Método Americano | 19 |
| 1.8.4 Método Británico..... | 22 |
| 1.9 Comparación de los métodos consultados | 24 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| 1.10 | Norma Ecuatoriana Vial NEVI - 12..... | 26 |
| CAPÍTULO II..... | | 27 |
| 2 | DISEÑO DE PAVIMENTOS CON ADOQUINES DE CONCRETO..... | 27 |
| 2.1 | Subrasante | 27 |
| 2.2 | Índice de Soporte de California CBR (California Bearing Ratio) | 29 |
| 2.3 | Aforo vehicular o volumen de tránsito | 30 |
| 2.3.1 | Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) | 30 |
| 2.3.2 | Composición del tránsito vehicular, pesos de vehículos, número y posición de ejes de llantas..... | 34 |
| 2.3.3 | Factor de daño – Número de ejes equivalentes | 35 |
| 2.4 | Diseño de pavimentos con adoquines de concreto en la Administración Zonal Quitumbe | 36 |
| CAPÍTULO III | | 40 |
| 3 | ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO | 40 |
| 3.1 | Calle J. Barrio Santa Clara 1..... | 41 |
| 3.1.1 | Ubicación..... | 41 |
| 3.1.2 | Índice de Soporte de California CBR..... | 41 |
| 3.1.3 | Descripción del material..... | 41 |
| 3.1.4 | Aforo Vehicular..... | 42 |
| 3.1.5 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 44 |
| 3.2 | Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huarca..... | 46 |
| 3.2.1 | Ubicación..... | 46 |
| 3.2.2 | Índice de Soporte de California CBR..... | 46 |
| 3.2.3 | Descripción del material..... | 46 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2.4 | Aforo Vehicular..... | 47 |
| 3.2.5 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 49 |
| 3.3 | Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo..... | 51 |
| 3.3.1 | Índice de Soporte de California CBR..... | 51 |
| 3.3.2 | Descripción del material..... | 51 |
| 3.3.3 | Aforo Vehicular..... | 52 |
| 3.3.4 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 54 |
| 3.4 | Calle 4. Barrio San Mateo..... | 56 |
| 3.4.1 | Índice de Soporte de California CBR..... | 56 |
| 3.4.2 | Descripción del material..... | 56 |
| 3.4.3 | Aforo Vehicular..... | 57 |
| 3.4.4 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 59 |
| 3.5 | Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | 61 |
| 3.5.1 | Índice de Soporte de California CBR..... | 61 |
| 3.5.2 | Descripción del material..... | 61 |
| 3.5.3 | Aforo Vehicular..... | 62 |
| 3.5.4 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 64 |
| 3.6 | Calle 19. Barrio San Alfonso..... | 66 |
| 3.6.1 | Índice de Soporte de California CBR..... | 66 |
| 3.6.2 | Descripción del material..... | 66 |
| 3.6.3 | Aforo Vehicular..... | 67 |
| 3.6.4 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 69 |
| 3.7 | Pasaje 1. Barrio Espejo | 71 |
| 3.7.1 | Índice de Soporte de California CBR..... | 71 |

| | | |
|------------------|--|----|
| 3.7.2 | Descripción del material..... | 71 |
| 3.7.3 | Aforo Vehicular..... | 72 |
| 3.7.4 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 74 |
| 3.8 | Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz..... | 76 |
| 3.8.1 | Índice de Soporte de California CBR..... | 76 |
| 3.8.2 | Descripción del material..... | 76 |
| 3.8.3 | Aforo Vehicular..... | 77 |
| 3.8.4 | Transporte Promedio Diario Anual TPDA..... | 79 |
| 3.9 | Resumen de resultados obtenidos..... | 81 |
| CAPÍTULO IV..... | | 82 |
| 4 | EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS..... | 82 |
| 4.1 | Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe..... | 83 |
| 4.2 | Comparación con el método recomendado por la norma INEN para tránsito ligero.. | 85 |
| 4.3 | Comparación con el método Australiano..... | 87 |
| 4.4 | Comparación con el método Británico..... | 90 |
| 4.5 | Cuadros comparativos con los resultados obtenidos..... | 92 |
| CAPÍTULO V..... | | 94 |
| 5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 94 |
| 5.1 | Conclusiones..... | 94 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | 96 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA..... | 97 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

| | |
|--|----|
| Figura 1. 1. Sección transversal de un pavimento con la superficie de adoquines de hormigón. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992) | 6 |
| Figura 1. 2. Espesores de base, requeridos bajo los adoquines, en pavimentos que soportan hasta 80 millones de carga axiales estándar. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992) 15 | |
| Figura 1. 3. Método de diseño australiano (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013)..... | 18 |
| Figura 1. 4. Ecuación AASHTO 1993 tomado de (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)..... | 20 |
| Figura 1. 5 Nomograma propuesto por la AASHTO 1993. Tomado de (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)..... | 21 |

Capítulo 2

| | |
|--|----|
| Figura 2. 1. Curva de compactación para la cual el peso específico seco máximo es de 18 KN/m ³ para una humedad de 10 % | 28 |
| Figura 2. 2. “Nacional de Pesos y Dimensiones” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)..... | 35 |

Capítulo 3

| | |
|---|----|
| Figura 3. 1. Ubicación Calle J. Barrio Santa Clara 1. Coordenadas TMQ en 0+000 (9968060;490927) | 41 |
| Figura 3. 2. Ubicación Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay. Coordenadas TMQ en 0+000 (9967652;491462) | 46 |
| Figura 3. 3. Ubicación Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Coordenadas TMQ en 0+000 (9968856;491917)..... | 51 |
| Figura 3. 4. Ubicación Calle 4. Barrio San Mateo. Coordenadas TMQ en 0+000 (9969302;492477) | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 3. 5. Ubicación Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Coordenadas TMQ en 0+000 (9965308;492312) | 61 |
| Figura 3. 6. Ubicación Calle 19. Barrio San Alfonso. Coordenadas UTM en 0+000 (9963711;491007) | 66 |
| Figura 3. 7. Ubicación Pasaje 1. Barrio Espejo. Coordenadas TMQ en 0+000 (9966135;491903) | 71 |
| Figura 3. 8. Ubicación Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Coordenadas TMQ en 0+000 (9966405;493288) | 76 |

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

| | |
|--|----|
| Tabla 1. 1. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada. | 8 |
| Tabla 1. 2. Clasificación de tránsito y tipo de adoquín | 10 |
| Tabla 1. 3. Porcentaje máximo de arcilla en agregado para hormigones | 11 |
| Tabla 1. 4. Límite de partículas desmenuzables en los agregados | 11 |
| Tabla 1. 5. Espesores de la sub-base (en mm) para diversos tipos de subrasantes y caminos, cuando el manto freático está a más de 600 mm por debajo del nivel de formación. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992) | 14 |
| Tabla 1. 6. Espesor de la base. Método de diseño del Reino Unido..... | 22 |
| Tabla 1. 7. Espesor de la sub base. Método de diseño del Reino Unido | 23 |
| Tabla 1. 8. Comparación de los métodos consultados..... | 25 |

Capítulo 2

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 2. 1 Crecimiento Anual del Tráfico..... | 33 |
| Tabla 2. 2. Diseño de pavimentos en la Administración Zonal Quitumbe..... | 36 |
| Tabla 2. 3. Clases de diseño para adoquines de concreto utilizado por la Administración Zonal Quitumbe | 37 |
| Tabla 2. 4. Diseño de pavimentos con adoquines de concreto y espesores de sub base utilizado por la Administración Zonal Quitumbe..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 2. 5. Espesores del diseño general utilizado por la Administración Zonal Quitumbe..... | 39 |

Capítulo 3

| | |
|--|----|
| Tabla 3. 1. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Viernes 11 de marzo de 2016..... | 42 |
| Tabla 3. 2. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Sábado 12 de marzo de 2016..... | 42 |
| Tabla 3. 3. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Domingo 13 de marzo de 2016 | 43 |

| | |
|---|----|
| Tabla 3. 4. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Lunes 14 de marzo de 2016..... | 43 |
| Tabla 3. 5. Resultados obtenidos de la Calle J. Barrio Santa Clara 1 | 45 |
| Tabla 3. 6. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huar cay. Viernes 18 de marzo de 2016 | 47 |
| Tabla 3. 7. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huar cay. Sábado 19 de marzo de 2016 | 47 |
| Tabla 3. 8. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huar cay. Domingo 20 de marzo de 2016 | 48 |
| Tabla 3. 9. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huar cay. Lunes 21 de marzo de 2016 | 48 |
| Tabla 3. 10. Resultados obtenidos de la Calle J. Barrio Santa Clara 1 | 50 |
| Tabla 3. 11. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Viernes 25 de marzo de 2016 | 52 |
| Tabla 3. 12. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Sábado 26 de marzo de 2016..... | 52 |
| Tabla 3. 13. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Domingo 27 de marzo de 2016 | 53 |
| Tabla 3. 14. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Lunes 27 de marzo de 2016..... | 53 |
| Tabla 3. 15. Resultados obtenidos del Pasaje 4. Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | 55 |
| Tabla 3. 16. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Viernes 1 de abril de 2016 | 57 |
| Tabla 3. 17. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Sábado 2 de abril de 2016 | 57 |
| Tabla 3. 18. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Domingo 3 de abril de 2016..... | 58 |
| Tabla 3. 19. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Lunes 4 de abril de 2016 | 58 |
| Tabla 3. 20. Resultados obtenidos de la Calle 4. Barrio San Mateo | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3. 21. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Viernes 11 de marzo de 2016..... | 62 |
| Tabla 3. 22. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Sábado 12 de marzo de 2016..... | 62 |
| Tabla 3. 23. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Domingo 13 de marzo de 2016..... | 63 |
| Tabla 3. 24. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Lunes 14 de marzo de 2016 | 63 |
| Tabla 3. 25. Resultados obtenidos de la Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino .. | 65 |
| Tabla 3. 26. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Viernes 18 de marzo de 2016 | 67 |
| Tabla 3. 27. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Sábado 19 de marzo de 2016..... | 67 |
| Tabla 3. 28. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Domingo 20 de marzo de 2016 . | 68 |
| Tabla 3. 29. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Lunes 21 de marzo de 2016..... | 68 |
| Tabla 3. 30. Resultados obtenidos de la Calle 19. Barrio San Alfonso..... | 70 |
| Tabla 3. 31. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Viernes 25 de marzo de 2016 | 72 |
| Tabla 3. 32. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Sábado 26 de marzo de 2016 | 72 |
| Tabla 3. 33. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Domingo 27 de marzo de 2016..... | 73 |
| Tabla 3. 34. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Lunes 28 de marzo de 2016 | 73 |
| Tabla 3. 35. Resultados obtenidos del Pasaje 1. Barrio Espejo..... | 75 |
| Tabla 3. 36. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Viernes 1 de abril de 2016 | 77 |
| Tabla 3. 37. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Sábado 2 de abril de 2016 | 77 |
| Tabla 3. 38. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Domingo 3 de abril de 2016 | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabla 3. 39. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Lunes 4 de abril de 2016 | 78 |
| Tabla 3. 40. Resultados obtenidos del Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | 80 |
| Tabla 3. 41. Resumen de resultados obtenidos..... | 81 |

Capítulo 4

| | |
|--|----|
| Tabla 4. 1. Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe. Calles Chillogallo | 83 |
| Tabla 4. 2. Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe. Calles La Ecuatoriana | 84 |
| Tabla 4. 3. Comparación con el método recomendado por la norma INEN. Calles Chillogallo | 85 |
| Tabla 4. 4. Comparación con el método recomendado por la norma INEN. Calles La Ecuatoriana | 86 |
| Tabla 4. 5. Comparación con el método Australiano. Calles Chillogallo | 87 |
| Tabla 4. 6. Comparación con el método Australiano. Calles La Ecuatoriana..... | 88 |
| Tabla 4. 7. Comparación con el método Británico. Calles Chillogallo | 90 |
| Tabla 4. 8. Comparación con el método Británico. Calles La Ecuatoriana..... | 91 |
| Tabla 4. 9. Cuadro comparativo con los resultados obtenidos. Calles Chillogallo | 92 |
| Tabla 4. 10. Cuadro comparativo con los resultados obtenidos. Calles La Ecuatoriana..... | 93 |

RESUMEN

La Administración Zonal Quitumbe en el sur de la ciudad de Quito realiza un extenso trabajo en cuanto a la pavimentación de calles de las parroquias pertenecientes a su jurisdicción. Y a pesar de que en estos proyectos se invierte varios millones de dólares anualmente, no existen para su ejecución estudios técnicos definitivos que avalen el trabajo a ser realizado. Por lo que esta entidad adjunta a la alcaldía de Quito utiliza un diseño único de la estructura del pavimento con adoquines de concreto sin importar las características únicas de cada una de las calles a ser intervenidas.

El presente trabajo constituye una investigación bibliográfica en la que se evalúan diversos métodos para el diseño de pavimentos con adoquines de concreto que se encuentran presentes en normativas nacionales e internacionales. Se realizan además ensayos de laboratorio y se toman datos en campo de ocho calles seleccionadas en las que se determinan y analizan los parámetros propios de cada una de las mismas, y se los compara con los utilizados por la Administración Zonal Quitumbe.

Finalmente, con los datos obtenidos se realiza la evaluación del diseño para cada uno de los métodos analizados y se verifica la validez del diseño vigente utilizado por la Administración Zonal Quitumbe.

ABSTRACT

Quitumbe Zonal Administration in southern Quito has done extensive work in terms of paving streets of the parishes within their jurisdiction. And despite the several million dollars annually invested in these projects, do not exist final technical studies, for its execution to support the work to be performed. So this entity attached to the mayorship of Quito uses a unique design of the pavement structure with concrete pavers regardless of the unique features of each of the streets to be intervened.

This written work is a research, in which various methods for the design of pavements with concrete pavers present in national and international regulations are assessed. Moreover, laboratory tests were performed, data were taken in the field of eight selected streets in order to obtain and analyze parameters for each one of them, to perform a comparison of them with those used by the Quitumbe Zonal Administration.

Finally, with the data obtained, a design evaluation is executed for each of the methods debated and the validity of the current design used by Quitumbe Zonal Administration is verified.

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

El municipio del Distrito Metropolitano de Quito se encarga de la ejecución de planes, programas y proyectos de infraestructura física de todo tipo a lo largo de la ciudad.

De acuerdo con el artículo 83 del Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD “Los gobiernos de los distritos metropolitanos autónomos descentralizados son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, administrativa y financiera.”, la organización administrativa del Municipio de Quito se encuentra estructurada de acuerdo con las necesidades propias que deba satisfacer, la importancia de los servicios públicos a prestarse y responderá a una estructura que permita todas y cada una de las funciones que a ella competen, para el mejor cumplimiento de los fines municipales.

Y de acuerdo a la resolución del consejo metropolitano No. 008 del 08 de marzo del 2010, se detallan los distintos niveles de gestión del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

El municipio capitalino cuenta con Secretarías que coordinan las actividades y supervisan desde la perspectiva programática los siguientes entes del nivel operativo, de empresas y unidades especiales. Estas Secretarías son las siguientes:

- Ambiente
- Comunicación
- Coordinación Territorial y Participación
- Cultura
- Educación
- Desarrollo Productivo y Competitividad
- Inclusión Social
- Movilidad
- Planificación

- Salud
- Seguridad y Gobernabilidad
- Territorio, Hábitat y Vivienda

La Secretaría de Movilidad coordina las actividades de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP). Esta empresa es la encargada de la ejecución de obras de relevancia para la ciudad en espacios grandes sin importar el monto y el tipo de contratación. Prueba de esto se encuentra en la “Información completa y detallada sobre los procesos precontractuales, contractuales, de adjudicación y liquidación, de las contrataciones de obras, adquisición de bienes, prestación de servicios, arrendamientos mercantiles, etc., celebrados con personas naturales o jurídicas, incluidos concesiones, permisos o autorizaciones” (Plan Anual de Contratación, 2015) presentado por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito – MDMQ.

La Secretaría de Coordinación Territorial y Participación Ciudadana coordina las acciones de las distintas Administraciones Zonales para “Promover la planificación y el ordenamiento territorial de las Zonas Administrativas del Distrito, para garantizar la integridad de las intervenciones y el crecimiento y desarrollo ordenado de la ciudad.” (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2016).

Las distintas entidades adscritas a la Secretaría de Coordinación Territorial y Participación Ciudadana son:

- Administración Zonal Calderón
- Administración Zonal Eloy Alfaro
- Administración Zonal Eugenio Espejo
- Administración Zonal La Delicia
- Administración Zonal Los Chillos
- Administración Zonal Manuela Sáenz
- Administración Zonal Quitumbe
- Administración Zonal Tumbaco
- Administración Zonal La Mariscal

La gestión de la Administración Zonal Quitumbe AZQ se desarrolla en las parroquias urbanas y rurales pertenecientes a su jurisdicción. Estas son las siguientes:

- Guamaní
- Turubamba
- La Ecuatoriana
- Quitumbe
- Chillogallo

La Administración Zonal Quitumbe mantiene la línea de acción para la ejecución de obras a través del Presupuesto Participativo que según el artículo I. ...(59-B) del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito establece que “Las administraciones zonales establecerán un porcentaje de su inversión a ser discutido, decidido y ejecutado en función de las prioridades fijadas por la comunidad y/o en base específicos acuerdos de gestión compartida. Este porcentaje no será menor al 40% del total del presupuesto de inversión de la administración zonal respectiva.” (Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, 1997).

En la Administración Zonal Quitumbe el porcentaje de inversión para obras viales en los barrios pertenecientes a las parroquias de su jurisdicción para el año 2015 fue del 75 % y para el año 2016 es del 50 %, por lo que la comunidad pone el restante 50 % para la ejecución de dichas obras.

Según el Plan Operativo Anual – POA / Ejercicio Fiscal 2015 de la Secretaría General de Planificación del municipio de Quito, el presupuesto devengado de la AZQ para el año 2015 fue de 8.464.002,19 dólares de los Estados Unidos de los cuales 2.802.758,38 fueron empleados para obras de infraestructura de presupuestos participativos, representando el 33,11 % del total.

Las obras gestionadas por la Administración Zonal Quitumbe son de dos tipos. Las primeras son obras comunitarias como casas barriales y las segundas son obras viales en las que se adoquinan calles de los barrios pertenecientes a la Administración.

Por ser el adoquinado de calles un cambio radical en la calidad de vida de las personas, se prioriza su construcción, por lo que estas obras cuentan con un porcentaje elevado de las

acciones del Municipio de Quito a través de la Administración Zonal Quitumbe en la zona de jurisdicción.

1.2 Adoquinado

El adoquinado es una estructura de pavimento utilizado fundamentalmente en zonas urbanas, portuarias e industriales. Su utilización se la realiza tanto para tráfico pesado como para tráfico ligero.

“En carreteras, no suele tener interés, dado su coste y las exigencias del usuario actual en lo referente a la calidad de rodadura a alta velocidad” (Kraemer, y otros, 2004).

“Este tipo de pavimento de hormigón no puede ya considerarse como un pavimento rígido, por lo que se suele hablar de pavimentos *articulados*” (Kraemer, y otros, 2004).

La *función estructural* de los adoquines es la de transmitir la carga vertical producida por los vehículos a las capas inferiores de la estructura del pavimento y también hacerlo de forma horizontal a los adoquines adyacentes. Esto se da gracias al pequeño espacio que existe entre adoquines y a la arena fina que se coloca entre ellos.

La estructura del pavimento con adoquines de concreto consta básicamente de tres elementos: el primero: una capa de material de sub base, el segundo: una cama de arena fina y el tercero: una capa de adoquines de concreto. Metodología comúnmente utilizada en el país.

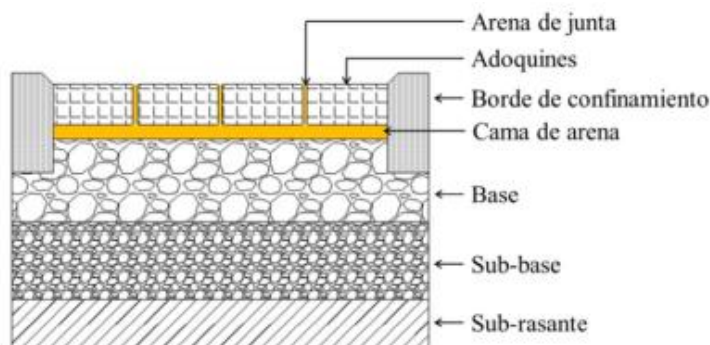


Figura 1. 1. Sección transversal de un pavimento con la superficie de adoquines de hormigón. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)

1.3 Sub base

La sub base es “una capa del pavimento que consiste de material seleccionado, tal como gravas naturales, que son estables, pero que no tienen las características adecuadas para ser partes constituyentes de una base.” (Salvador & Salvador, 1979).

Como se explica en el manual visualizado de Ensayos para Pavimentos del ingeniero José Salvador U., ex docente de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador “El propósito fundamental de una sub-base es permitir la construcción de pavimentos a costos relativamente bajos.”

Las funciones de la sub base son las siguientes:

1. Absorber las cargas de tráfico transmitidas por la base o capa de rodadura y transmitir las a la subrasante en magnitudes tolerantes, para que esta pueda soportarlas sin sufrir deformaciones permanentes.
2. Servir como elemento drenante del agua.
3. Abaratar costos, ya que es relativamente más barato que los demás elementos de la estructura del pavimento.
4. En el proceso constructivo sirve como superficie de rodadura temporal, antes de que se construyen las capas superiores de la estructura del pavimento.

Las sub bases son materiales obtenidos mediante procesos de trituración o cribado, y que según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en su norma: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP 001 F 2002, existen 3 clases.

Clase 1: “Son sub-bases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la tabla 403-1.1. Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

Clase 2: “Son sub-bases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la tabla 403-1.1.” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002). Para ser considerado como material dentro de ésta

clase, se debe cumplir que al menos el 30% del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.

Clase 3: “Son sub-bases construidas con agregados naturales y procesados, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la tabla 403-1.1.” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

Sea cual sea el tipo de sub base que se utilice “Los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50 %, de acuerdo con el ensayo de abrasión de Los Ángeles y la porción que pase el tamiz N°40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

Tabla 1. 1. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada.

| Tamiz | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 |
|--------|---------|----------|---------|
| 3" | | | |
| 2" | | 100 | 100 |
| 1 1/2" | 100 | 70 – 100 | |
| N° 4 | 30 – 70 | 30 – 70 | 30 – 70 |
| N°40 | 10 – 35 | 15 – 40 | |
| N° 200 | 0 – 15 | 0 – 20 | 0 – 20 |

Tomado de Tabla 403 – 1.1 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002)

1.4 Cama de Arena

Para la cama de arena el Ministerio de Transporte y Obras Públicas establece que “La cama de asiento de los adoquines (y también del empedrado cuando así esté especificado en los planos), estará conformada por arena fina, del espesor señalado en los planos, y pasará en su totalidad el tamiz N° 10. El material no contendrá más del 5% de tamaños menores al del tamiz N° 200 y debe cumplir con los requisitos de resistencia a la abrasión y durabilidad que se establecen en la sección 803-3 de estas especificaciones, realizados con material adecuado, procedente de los mismos bancos o canteras de los cuales se explotará el material” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

Las funciones de la cama de arena son las siguientes:

1. Actúa como ligante, permitiendo que la capa de rodadura y las capas inferiores de la estructura del pavimento actúen como un solo cuerpo.
2. Actúa como sellante, evitando que los finos de la sub base sean desplazados por acción del tráfico.
3. Protege a los finos de la sub base de la acción del agua que se filtra por las hendiduras entre adoquines, evitando que los finos se desplacen hacia los extremos.

Esta cama de arena comúnmente tiene un espesor que varía de los 3 cm a los 5 cm.

1.5 Adoquines de concreto

Según las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, adoquín es: “un elemento prismático, generalmente de forma regular, que se coloca uno junto a otro para formar una capa adecuada al tráfico de una vía” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2002).

Los adoquines tienen dimensiones que permiten ser manejados con una sola mano. Sus espesores varían típicamente entre 60 mm y 100 mm, y se puede contar con una amplia variedad estética de formas y colores.

Una gran ventaja que se tiene respecto de los adoquines de concreto es la facilidad para ser montados y desmontados en casos en que sea necesario como, por ejemplo, la instalación o reparación de servicios.

Para su fabricación se requiere de cemento, áridos y aditivos en una dosificación tal que la resistencia a la compresión realizada en un adoquín entero, no sea menor a 300 Kg/cm² para vías de tráfico ligero a medio y que no sea menor a 400 Kg/cm² para vías de tráfico pesado, según la norma NTE INEN 1488:87 Adoquines. Requisitos.

Tabla 1. 2. Clasificación de tránsito y tipo de adoquín

| Tipo de uso | Resistencia característica (Mpa) compresión a los 28 días |
|---|--|
| Peatonal | 20 |
| Estacionamientos y calles residenciales | 30 |
| Caminos secundarios y calles principales | 40 |

Tomado de (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1986)

1.5.1 Patologías de adoquines de concreto

Al igual que los hormigones utilizados en elementos estructurales los adoquines también deben cumplir con parámetros que garanticen su correcto funcionamiento y su durabilidad en el tiempo. Estos son los siguientes:

1.5.1.1 Contenido de Arcilla

El exceso de partículas muy finas en las gravas puede afectar la resistencia mecánica del hormigón. Estas partículas envuelven al agregado y disminuyen la adherencia con la pasta cementante resultando en disminución de la resistencia y por tanto en durabilidad reducida.

Tabla 1. 3. Porcentaje máximo de arcilla en agregado para hormigones

| Tipo de Hormigón | Porcentaje máximo de la masa total de la muestra (%) | | | |
|--|--|-----------|-----------------|-----------|
| | Agregado fino | | Agregado grueso | |
| | Natural | Triturado | Natural | Triturado |
| Alta resistencia o sometido a desgaste | 3 | 5 | - | - |
| Normal | 5 | 7 | 1 | 1.5 |

Tomado de Tecnología del Concreto. Asociación Colombiana de Productores de Concreto. Asocreto.

1.5.1.2 Partículas desmenuzables

No deben confundirse las partículas desmenuzables con el agregado grueso ya que estas disminuyen las características mecánicas del hormigón.

Tabla 1. 4. Límite de partículas desmenuzables en los agregados

| Material | Porcentaje máximo de la masa total de la muestra | |
|--|--|-----------------|
| | Agregado fino | Agregado grueso |
| Terrones de arcilla | 1 | 0.25 |
| Partículas blandas | - | 5 |
| Carbón y lignito (cuando es importante la apariencia superficial del concreto) | 0.50 | 0.50 |
| Carbón y lignito (otros casos) | 1 | 1 |

Tomado de Tecnología del Concreto. Asociación Colombiana de Productores de Concreto. Asocreto.

1.5.1.3 Sales solubles

Los sulfatos pueden encontrarse adheridos a la superficie de los agregados. Estos atacan a la pasta cementante produciendo expansiones y agrietando su masa.

Cantidades muy pequeñas de sales solubles afectan a los hormigones. Es suficiente el 1% de sulfatos en peso o el 0.1% de cloruros en peso.

1.5.1.4 Resistencia al desgaste

Por lo general los adoquines de concreto presentan una buena resistencia al desgaste. Sin embargo, para garantizar esta condición se acepta un desgaste 15 cm^3 por cada 50 cm^2 . Esta condición corresponde a una pérdida de espesor de no más de 3 mm.

1.6 Comportamiento estructural de los pavimentos de adoquines de concreto

Los adoquines de concreto, cama de arena y arena de juntas, “generan un mecanismo de trabazón mecánica entre los adoquines mediante el cual son capaces de disipar tensiones, transmitiendo carga entre adoquines adyacentes” (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013).

Es por esta razón que también son llamados pavimentos articulados. No solo absorben y transmiten las cargas de los vehículos a las capas inferiores de la estructura del pavimento, sino que también lo hacen de forma adyacente.

Para que pueda cumplir su función estructural el peso unitario de los bloques de adoquín no debe ser inferior a 2200 Kg/m^3 .

La resistencia a la compresión de los adoquines debe ser lo suficientemente grande, no menor a 300 Kg/cm^2 , para aportar al comportamiento estructural y también para evitar el desgaste y rápido deterioro de los bloques.

1.7 Diseño de estructuras de pavimentos con adoquines de concreto en el Ecuador

En el Ecuador, la norma vigente para el diseño de estructuras de pavimento con adoquines de concreto es la del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. En la que en sus normas GPE INEN 44 Guía práctica. Adoquines de hormigón para tránsito pesado., y GPE INEN 45 Guía práctica. Adoquines de hormigón para tránsito ligero; se detalla un procedimiento a seguir para el diseño de estas estructuras.

1.7.1 Método Norma GPE INEN 45. Adoquines de hormigón para tránsito ligero

En el caso de adoquines de hormigón para tránsito ligero tan solo se utiliza una tabla en la que se escoge el espesor de la capa de sub base dependiendo del tipo de sub rasante que se tenga y del tipo de camino. En el tipo de camino se ve claramente que la diferencia se encuentra en la cantidad de vehículos que transitan por el mismo.

Este método es muy práctico ya que no se necesita realizar un estudio de tráfico muy minucioso para determinar de qué tipo de camino se trata. Ni tampoco para determinar el tipo de subrasante. No se necesitan realizar ensayos de laboratorio para conocer el tipo de suelo existente. Tan solo se requiere de la experticia de un profesional que determine la categoría de suelo que correspondería a la tabla.

Adicionalmente, en este método se encuentra ya preestablecido el periodo de diseño de la estructura, limitando a 40 años la categoría de caminos poco transitados y a 20 años la categoría de mayor tráfico.

Esta condición evita que sea posible una comparación con otros métodos si es que el periodo de diseño fuese diferente.

En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia que tiene el adoquín de concreto, se establece claramente que los adoquines utilizados para el diseño de la estructura del pavimento mediante este método deben tener por lo menos 300kg/cm^2 de resistencia a la compresión indistintamente del periodo de diseño y del tráfico asumido para determinar el espesor de las demás capas. Además, el espesor del adoquín debe ser mínimo de 60mm y máximo 100mm, indistintamente de su geometría, aunque se recomienda utilizar un espesor de 80mm para diseño.

*Tabla 1. 5. Espesores de la sub-base (en mm) para diversos tipos de subrasantes y caminos, cuando el manto freático está a más de 600 mm por debajo del nivel de formación.
(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)*

| Tipo de camino | Tipo de subrasante | | | | |
|---|--------------------|-----------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|
| | Arcilla dura | Sedimento | Arcilla con sedimento | Arcilla arenosa | Arena o grava arenosa bien gradada |
| Callejón u otro camino residencial de menor importancia. | 400 (550) | 400 (550) | 190 (300) | 140 (230) | 80 (80) |
| Camino transversal, o camino que soporta rutas regulares de autobuses hasta de 25 vehículos de servicio público al día, en ambas direcciones. | 450 (600) | 450 (600) | 220 (340) | 170 (260) | 150 (150) |
| Camino transversal importante, que soporta rutas regulares de autobuses con 25 o 50 vehículos de servicio público al día, en ambas direcciones. | 440 (550) | 440 (590) | 210 (340) | 160 (260) | 150 (150) |

Espesores de la sub-base (en mm) para diversos tipos de subrasantes y caminos, cuando el manto freático está a menos de 600 mm por debajo del nivel de formación.

Tomado de (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)

1.7.2 Método Norma GPE INEN 44. Adoquines de hormigón para tránsito pesado

Para el caso de adoquines de hormigón para tránsito pesado se incluye además una capa de material de base. El espesor de esta capa, sin embargo, ya no se encuentra establecido en tabla alguna, sino que es determinada a través de un procedimiento para el cual se requiere el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que transitarán sobre el pavimento.

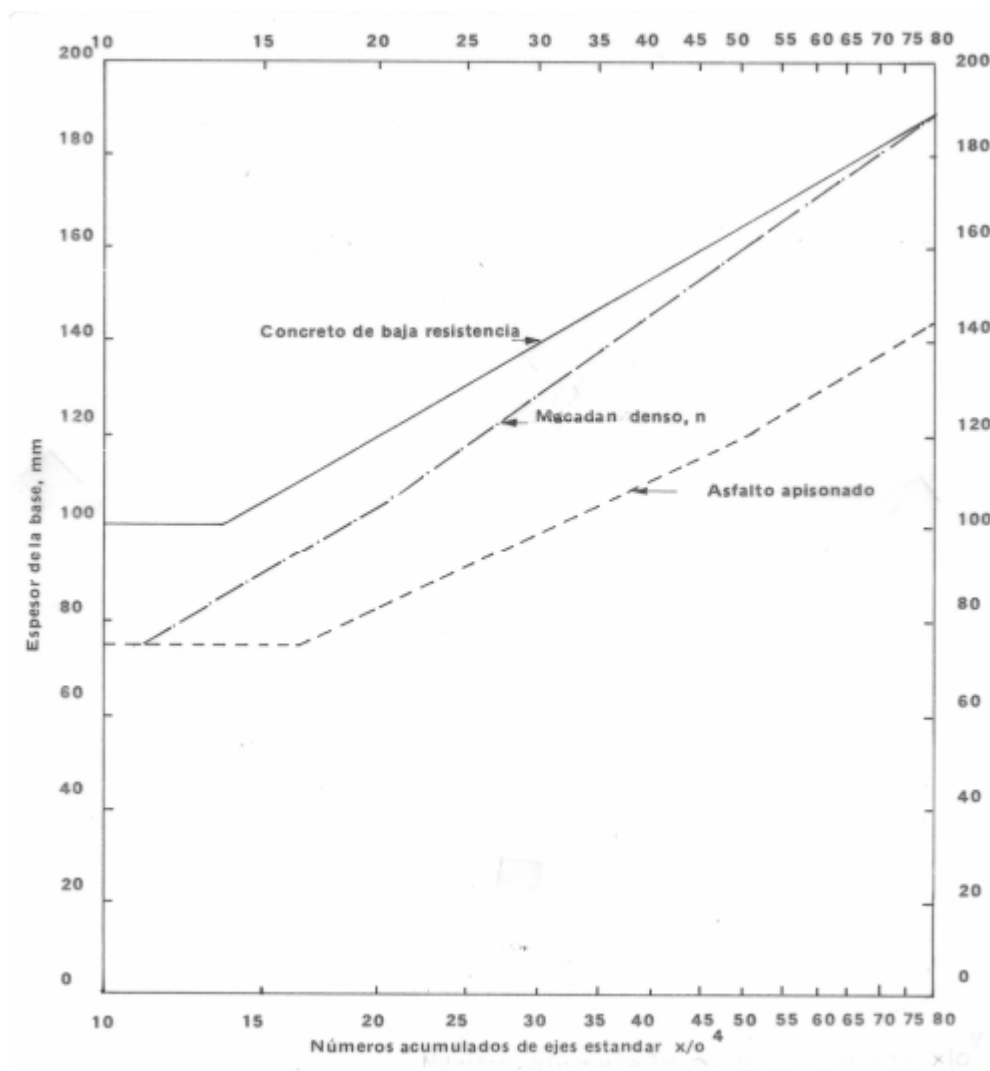


Figura 1. 2. Espesores de base, requeridos bajo los adoquines, en pavimentos que soportan hasta 80 millones de carga axiales estándar. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)

El método INEN para adoquines de hormigón para tránsito pesado debería ser consistente con el de tránsito ligero en sus dos parámetros existentes. Estos son calidad del suelo y vehículos que transitan por la vía.

En ambos casos estos parámetros deberían ser el índice CBR de la subrasante y el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas. Ya que dan una aproximación más real a las condiciones del estudio.

En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia que tiene el adoquín de concreto, se establece claramente que los adoquines utilizados para el diseño de la estructura del pavimento mediante este método deben tener por lo menos 350kg/cm^2 de resistencia a la compresión indistintamente del periodo de diseño y del tráfico asumido para determinar el espesor de las demás capas. Además, el espesor del adoquín debe ser mínimo de 60mm y máximo 100mm, indistintamente de su geometría, aunque se recomienda utilizar un espesor de 80mm para diseño.

La norma NTE INEN 1488:87 Adoquines. Requisitos, hace referencia al diseño de las dimensiones de los bloques de adoquines de concreto y a la resistencia a la compresión que estos pueden soportar dependiendo de su tipo de uso. Para su dimensión se detalla que “El espesor mínimo para tránsito peatonal será de 60 mm y para tránsito vehicular de 80 mm.” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1986).

A pesar de la norma existente, en el mercado ecuatoriano se ofertan adoquines para tránsito vehicular de 60 mm de espesor.

1.8 Otros métodos utilizados para el diseño de pavimentos con adoquines de concreto

En la década de 1970 se comenzó a extender el uso de adoquines de concreto por lo que varios países iniciaron la investigación en busca de sus propios métodos de diseño. “En la actualidad existen alrededor de 12 métodos de diseño” (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013). Los países que no cuentan con un método propio de diseño, se ven en la necesidad de adoptar alguno de los ya existentes.

La utilización de cualquiera de estos métodos utilizado en países distintos al que fue desarrollado no garantiza un correcto desempeño del pavimento por lo que es tarea de las autoridades locales calibrar el método a ser utilizado frente a condiciones locales para obtener los mejores resultados.

“Los métodos de diseño se clasifican en: los basados en la capacidad de soporte del suelo, métodos empíricos, de secciones normalizadas y mecanicistas.” (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013).

1.8.1 Método Australiano

El método de diseño australiano utiliza curvas de diseño calibradas para siete niveles de tráfico que relacionan el CBR de la sub rasante con una capa de base recomendada.

Los niveles de tráfico establecidos están en función del número de ejes equivalentes acumulados EEA que transitan en el pavimento. Cinco niveles para calzada vehicular y dos niveles para tránsito industrial.

El criterio de diseño es la falla de la subrasante y es aplicable para hasta una solicitud de 4500000 EEA.

A diferencia del método evaluado en el presente trabajo, el método australiano no utiliza en la estructura del pavimento un material de sub base y solo utiliza una base granular. Lo que haría que el desempeño de la estructura del pavimento sea mucho mejor.

En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia que tiene el adoquín de concreto, se establece claramente que los adoquines utilizados para el diseño de la estructura del pavimento mediante este método deben tener por lo menos 350kg/cm^2 de resistencia a la compresión indistintamente del periodo de diseño y del tráfico asumido para determinar el espesor de las demás capas. Además, el espesor del adoquín debe ser mínimo de 80mm, indistintamente de su geometría.

Los niveles de tráfico son los siguientes:

- A: 0 – 45000 EEA
- B: 45000 – 140 000 EEA

- C: 140 000 – 450 000 EEA
- D: 450 000 – 1 400 000 EEA
- X: Tránsito Industrial
- Y: Zona de contenedores

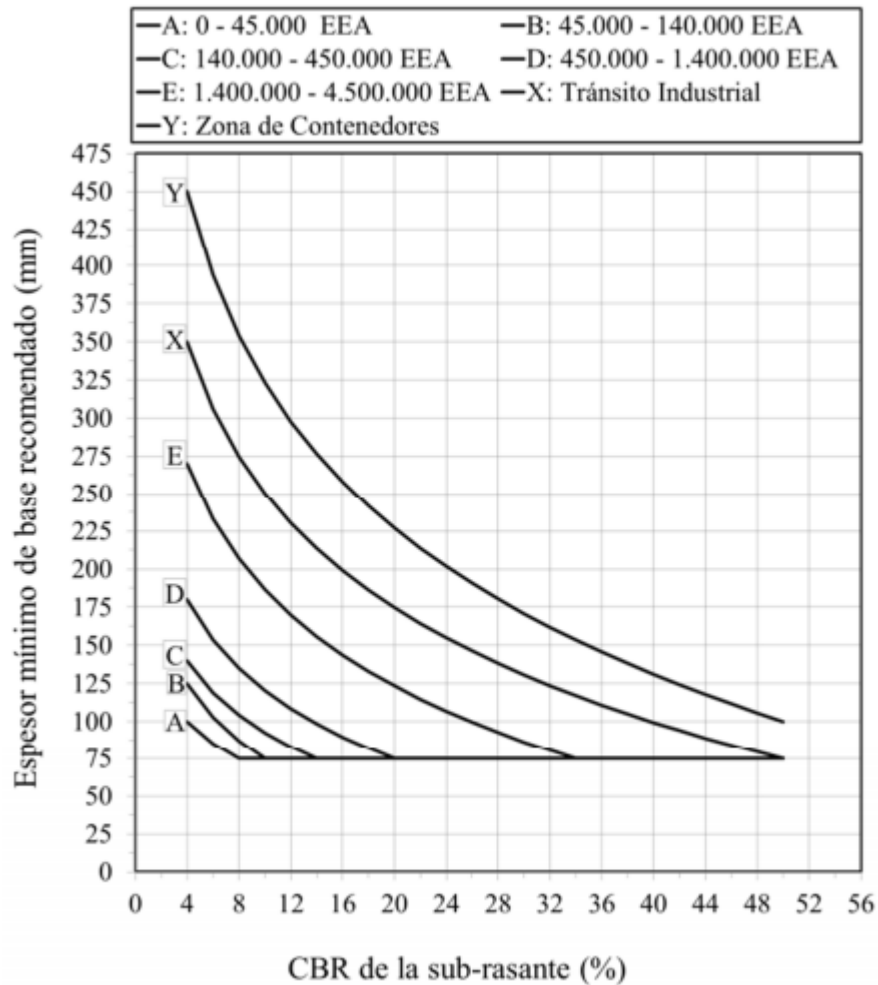


Figura 1. 3. Método de diseño australiano (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013)

1.8.2 Método Japonés

El método de diseño japonés asume que el comportamiento de los pavimentos de adoquines de concreto es similar al de un pavimento flexible. El método establece que el espesor total del pavimento está en función del CBR de la subrasante y del número de ejes estándar de 8.2 toneladas que transitarán a lo largo de su vida útil.

Este método establece que el espesor de cada capa de la estructura del pavimento debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$H = 28 \frac{N98^{0.1}}{CBR^{0.6}} \quad ; \quad NE = 3.84 \frac{N98^{0.16}}{CBR^{0.3}}$$

$$NE = a_1 h_1 + a_2 h_2 + a_n h_n = \sum a_i h_i$$

$$a_1 = 0.00525 \frac{E_i^{0.46}}{0.44}$$

donde,

H = espesor total del pavimento

NE = Número estructural

h_i = espesor de cada capa

a_1 = coeficiente de resistencia relativa de la capa de adoquines

E_i = módulo de elasticidad del material de la capa “i” en Kg/cm²

En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia que tiene el adoquín de concreto, se establece claramente que los adoquines utilizados para el diseño de la estructura del pavimento mediante este método deben tener por lo menos 400kg/cm² de resistencia a la compresión indistintamente del periodo de diseño y del tráfico asumido para determinar el espesor de las demás capas. Además, el espesor del adoquín debe ser mínimo de 75mm, indistintamente de su geometría.

1.8.3 Método Americano

El método de diseño utilizado en los Estados Unidos al igual que el método japonés, asume que un pavimento con adoquines de concreto tiene un comportamiento similar al de un pavimento flexible. Esto es que la pérdida de serviciabilidad de un pavimento con adoquines de concreto se asimila a la de un pavimento flexible.

Este método utiliza la ecuación AASHTO 1993 de la Guía de Estructuras de Pavimento de la American Association of State Highway and Transportation Officials, para diseño de pavimentos flexibles, la cual se encuentra en función del número estructural, del coeficiente estadístico de la distribución normal, de la desviación estándar del error combinado de todas las variables, del módulo resiliente de la subrasante, y del índice de serviciabilidad inicial y final.

“El método considera el aporte estructural de la capa combinada de adoquines y cama de arena a través del coeficiente de capa a_1 .” (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013). Este coeficiente aumenta linealmente de 0.26 a 0.44 cuando la solicitud alcanza los 10 000 ejes equivalente de 8.2 toneladas. A partir de ese valor el coeficiente permanece constante e igual a 0.44.

La ecuación AASHTO 1993 es la siguiente:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Figura 1. 4. Ecuación AASHTO 1993 tomado de (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

donde,

W_{18} = número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas

R = confiabilidad

S_o = desviación Estándar Global

ΔPSI = pérdida de servicialidad

M_R = módulo resiliente de la sub rasante

Z_R = coeficiente estadístico de la distribución normal

SN =número estructural

El AASHTO 1993 propone el uso de un nomograma que simplifica la utilización. El nomograma es el siguiente:

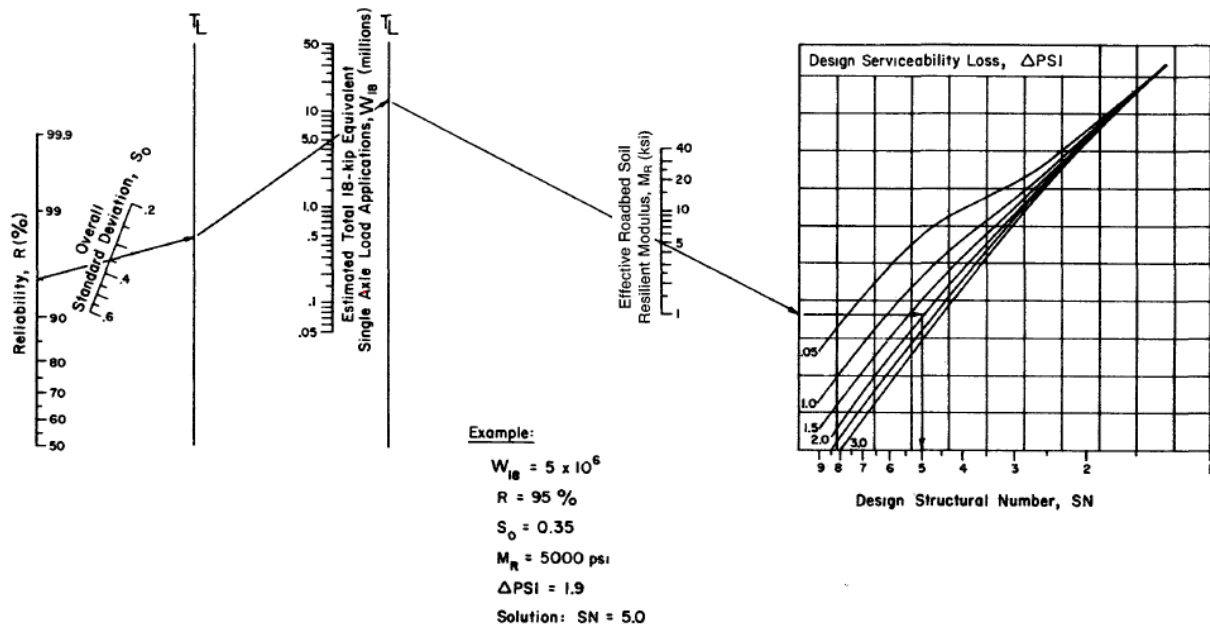


Figura 1. 5 Nomograma propuesto por la AASHTO 1993. Tomado de (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

A partir del coeficiente de capa a_1 y el número estructural SN_1 obtenido de la ecuación AASHTO 1993, se encuentra el espesor de la capa de sub base a través del siguiente procedimiento:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \cdot m_2}$$

donde,

SN_2 = número estructural de la capa de sub base encontrado con el nomograma

a_2 = coeficiente estructural de la capa de sub base

m_2 = coeficiente de drenaje para capa de sub base

En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia que tiene el adoquín de concreto, se establece claramente que los adoquines utilizados para el diseño de la estructura del pavimento mediante este método deben tener por lo menos 450kg/cm^2 de resistencia a la compresión indistintamente del periodo de diseño y del tráfico asumido para determinar el espesor de las demás capas. Además, el espesor del adoquín debe ser mínimo de 75mm, indistintamente de su geometría.

1.8.4 Método Británico

El método de diseño del Reino Unido tabula espesores de capas de base y sub base en función de las solicitaciones de tránsito y del CBR de la subrasante. Este método a diferencia del analizado en el presente trabajo, considera una capa de base, pero sí incluye la capa de sub base.

Tabla 1. 6. Espesor de la base. Método de diseño del Reino Unido

| Espesor de la base granular (mm) | | | | |
|----------------------------------|--|-----------|-------|-----------|
| Tipo de base | Ejes Equivalentes Acumulados (EEA x 10^6) | | | |
| | 0.5 – 1.5 | 1.5 – 4 | 4 – 8 | 8 – 12 |
| Base Granular | 390 | 390 – 480 | 540 | 690 – 750 |
| Base tratada con cemento | 130 | 130 – 160 | 180 | 230 – 250 |

Tomado de (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013)

Tabla 1. 7. Espesor de la sub base. Método de diseño del Reino Unido

| Espesor de la sub base | | | | | | |
|----------------------------|--|-----|-----|---------|---------|---------|
| Nivel de tránsito (EE/día) | Espesor (mm) de la sub base granular según el CBR de la subrasante | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 05 - 10 | 10 - 15 | 15 - 30 |
| < 60 | 250 | 190 | 160 | 150 | 150 | 150 |
| < 200 | 310 | 240 | 210 | 180 | 150 | 150 |
| < 500 | 350 | 270 | 230 | 200 | 160 | 150 |
| < 1000 | 400 | 310 | 270 | 225 | 180 | 150 |
| > 1000 | 450 | 350 | 310 | 270 | 240 | 225 |

Tomado de (Bahamondes & Vargas-Tejada, 2013)

A simple vista este método sería el que mejor garantice un correcto funcionamiento de la estructura del pavimento ya que al incluir una capa de base mejora notablemente la indeformabilidad de la subrasante.

En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia que tiene el adoquín de concreto, se establece claramente que los adoquines utilizados para el diseño de la estructura del pavimento mediante este método deben tener por lo menos 350kg/cm^2 de resistencia a la compresión indistintamente del periodo de diseño y del tráfico asumido para determinar el espesor de las demás capas. Además, el espesor del adoquín debe ser mínimo de 80mm, indistintamente de su geometría.

Cabe considerar que también sería la estructura más costosa.

1.9 Comparación de los métodos consultados

De los métodos consultados, la evaluación de los pavimentos con adoquines de concreto utilizado en la Administración Zonal Quitumbe solo se puede realizar con los propuestos por el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN para tránsito ligero y tránsito pesado y los métodos de diseño utilizados por Australia y el Reino Unido.

Tabla 1. 8. Comparación de los métodos consultados

| Método | Espesor del adoquín (mm) | Sub base granular | Base granular | Tránsito |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------|--|
| Administración Zonal Quitumbe | 80 | Sí | No | Número de vehículos diarios |
| INEN Tránsito ligero | 60, 80 y 100 | Sí | No | Tipo de camino |
| INEN Tránsito pesado | 60, 80 y 100 | Sí | Sí | Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas |
| Método Australiano | 80 | No | Sí | Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas |
| Método Británico | 80 | Sí | Sí | Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas |

1.10 Norma Ecuatoriana Vial NEVI - 12

La norma Ecuatoriana Vial NEVI – 12 fue concebida para actualizar y complementar las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes MOP – 001 – 2002. La cual consta de 2 manuales y 6 volúmenes.

Cabe recalcar que en ninguno de los capítulos de esta norma se menciona algún tema referente a estructuras de pavimentos con adoquines de concreto.

CAPÍTULO II

2 DISEÑO DE PAVIMENTOS CON ADOQUINES DE CONCRETO

2.1 Subrasante

En la construcción de muchas obras de ingeniería y más aún de obras viales, se requiere la compactación de los suelos sueltos para incrementar sus pesos específicos.

La compactación incrementa las características de resistencia de los suelos y disminuye la cantidad de asentamientos indeseables, por lo que es imprescindible su realización sobre la subrasante y las capas superiores de la estructura del pavimento.

En sí, la compactación es “la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere de energía mecánica.” (Das). El grado de compactación de un suelo se mide en función del peso específico seco.

Para obtener el máximo grado de compactación, se realiza en laboratorio el método Próctor. Prueba en la cual el suelo es compactado en un molde a cantidades variables de agua. Para cada prueba, el peso específico húmedo de compactación γ se calcula como:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

donde,

γ = peso específico húmedo de compactación

W = peso del suelo compactado en el molde

V = volumen del molde (943.3 cm³)

El contenido de agua del suelo compactado en cada prueba se determina en el laboratorio.

El peso específico seco γ_d se calcula con la ecuación:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

donde,

γ_d = peso específico seco

γ = peso específico húmedo de compactación

w (%) = porcentaje de contenido de agua

Mediante estos valores para cada uno de los ensayos, se obtiene una curva de compactación en la cual se evidencian los valores de máxima compactación para un contenido óptimo de agua.

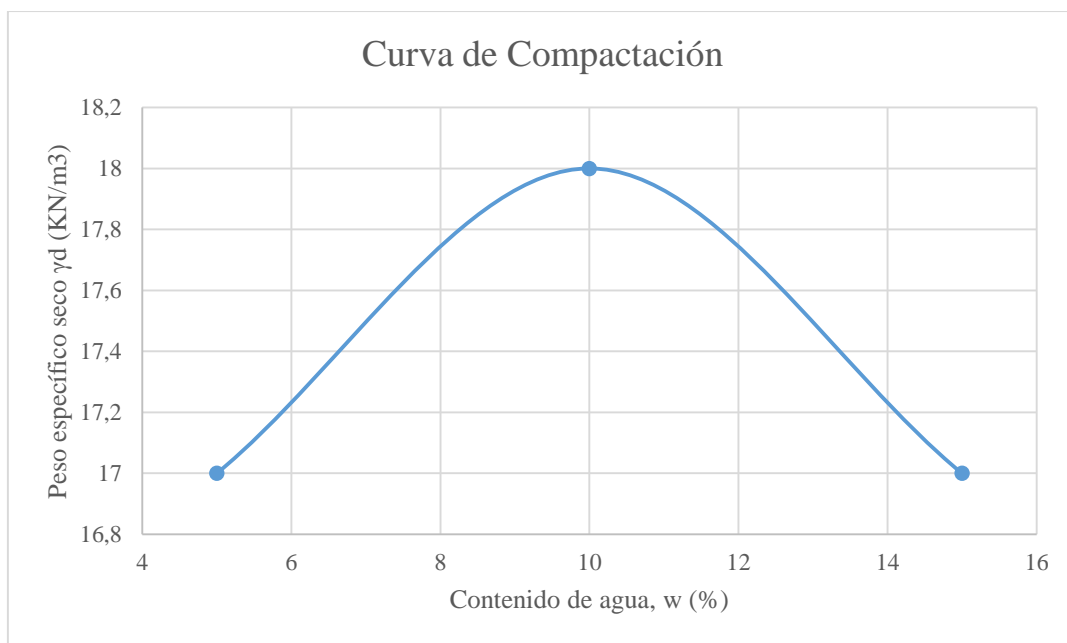


Figura 2. 1. Curva de compactación para la cual el peso específico seco máximo es de 18 KN/m³ para una humedad de 10 %.

En el caso de la obtención del peso específico seco máximo en proyectos viales se realiza la prueba en laboratorio Próctor Modificado que simula de mejor manera la utilización de rodillos pesados en campo. En este ensayo la principal diferencia es que se utiliza una mayor energía de compactación. La prueba resulta en un incremento del peso específico seco máximo y una disminución del contenido de agua óptimo.

Según las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el grado de compactación mínimo a obtenerse varía entre

90% y 95%. Para el caso de terrenos naturales en zona de relleno es del 90 %, mientras que para terreno natural en zonas de corte, terraplenes o rellenos y subrasantes formadas por suelo seleccionado es del 95 %.

El procedimiento para la compactación de suelos modificado en laboratorio se encuentra normado por la American Society for Testing and Materials ASTM, en su norma D 1557 – 12: Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³) (2,700 kN-m/m³)).

2.2 Índice de Soporte de California CBR (California Bearing Ratio)

“El método CBR (California Bearing Ratio) fue propuesto en 1929 por los ingenieros Stanton y Porter del Departamento de Carreteras del Estado de California. Este método se ha generalizado y es, hoy en día, uno de los más empleados para determinar las características de un suelo.” (Salvador & Salvador, 1979).

En sí, el Índice de Soporte de California CBR es “Una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas” (Salvador & Salvador, 1979).

Se expresa en porcentaje; “relacionando la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, con la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida” (Salvador & Salvador, 1979).

Mientras mayor es el valor del Índice de Soporte de California CBR, mayor es la capacidad de soporte del suelo compactado.

Según las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el mínimo valor de soporte de California CBR para una subrasante es del 6 %, y para sub bases este valor no deberá ser menor al 30 %.

El procedimiento para la obtención de Índice de Soporte de California se encuentra normado por la American Society for Testing and Materials ASTM, en su norma D 1883 – 14: Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

2.3 Aforo vehicular o volumen de tránsito

“El volumen de tránsito se define como el grupo de vehículos que pasan por un punto a lo largo de una carretera o de un carril durante una unidad de tiempo determinada.” (Wright & Dixon, 2011). Este volumen de tránsito se mide normalmente en unidades de vehículos por día. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo [Vehículos / Día]

N = Número total de vehículos que pasan por la vía en análisis [Vehículos]

T = Periodo determinado [Día]

Conocer las características del tránsito que utilizará un camino en operación o que se habrá de construir es vital para el diseño de la sección transversal de la vía y para el diseño de la estructura del pavimento. Por una vía pueden transitar una cantidad determinada de vehículos con cargas que son transmitidas a la estructura del pavimento y que afectan a la misma dependiendo de su intensidad.

Las características del tránsito que son necesarias conocer en cualquier proyecto vial son:

- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)
- Composición del tránsito por tipo de vehículos
- Peso de los vehículos
- Número y posición de ejes y llantas
- Incremento anual del tránsito

2.3.1 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Se conoce como Tránsito Promedio Diario Anual al número total de vehículos que transitan en una carretera en ambos sentidos durante un año, dividido entre 365.

Para la determinación de este parámetro se cuenta de forma directa el tránsito durante todo un año o durante periodos de tiempo determinado, y se emplean métodos estadísticos para su obtención.

El TPDA se expresa como:

$$TPDA = TF + TG + TD$$

donde:

TF = Tráfico Futuro o Proyectado.

TG = Tráfico Generado.

TD = Tráfico Desarrollado o Desviado.

2.3.1.1 Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

Es la proyección o el pronóstico del volumen y composición del tráfico tomando como dato de partida el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico a 20 años, periodo que corresponde además a la vida útil de la estructura del pavimento.

Existen dos métodos de estimación del TF: Método Aritmético y Método Geométrico. De los dos métodos, se tomará como TF al mayor valor de los dos calculados.

Para la proyección del Tráfico Futuro se requiere el Tráfico Actual TA. Para el caso de la presente disertación se realizó el conteo vehicular durante 4 días.

$$TA = \sum_{i=1}^n \frac{TA_i}{n}$$

n = Número de muestras

$$TA = \frac{TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4}{4}$$

2.3.1.1.1 Método Aritmético

El Tráfico Futuro (TF) se expresa como:

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

Donde:

TA = Tráfico Actual. Siendo el número de vehículos que circulan sobre una vía antes de ser mejorada o aquel volumen que circularía al presente.

i = Tasa de crecimiento anual del tráfico. En caso de no contar con datos, se recomienda utilizar el crecimiento poblacional o el consumo de combustibles.

n = Número de años de proyección, periodo de diseño o vida útil. Por recomendación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se considera que para todo proyecto vial relacionado con la construcción de una vía o la pavimentación de la misma, se debe considerar un periodo de diseño o vida útil de 20 años.

2.3.1.1.2 Método Geométrico

El Tráfico Futuro (TF) se expresa como:

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

Donde:

TA = Tráfico Actual.

i = Tasa de crecimiento anual del tráfico.

n = Número de años de proyección, periodo de diseño o vida útil.

Tabla 2. 1 Crecimiento Anual del Tráfico

| Tasas de Crecimiento Anual del Tráfico [%] | | | |
|--|--------------------|-------|---------|
| Período | Tipos de Vehículos | | |
| | Livianos | Buses | Pesados |
| 2010 – 2015 | 4.47 | 2.22 | 2.18 |
| 2015 – 2020 | 3.97 | 1.97 | 1.94 |
| 2020 – 2025 | 3.57 | 1.78 | 1.74 |
| 2025 – 2030 | 3.25 | 1.62 | 1.58 |
| 2030 – 2035 | 3.35 | 1.72 | 1.67 |
| 2035 – 2040 | 3.59 | 1.97 | 1.88 |

Se tomará el mayor valor dentro del periodo de diseño contemplado, según el tipo de vehículo que gobierne el diseño.

Tomado de (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003)

2.3.1.2 Tráfico Generado (TG)

Es el aforo vehicular que se originaría si las mejoras propuestas como consecuencia de la adecuación de la vía ocurren. Es decir, el uso de la vía por curiosidad antes que por necesidad. Se estima que este tipo de tráfico se produce en un periodo de hasta dos años.

En el Ecuador no existen estudios que respalden el comportamiento del Tráfico Generado para diferentes tipos de vías. En tal virtud, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas recomienda determinar el Tráfico Generado TG como un porcentaje del tráfico futuro TF correspondiente al primer año de vida del proyecto, y no mayor al 20% del mismo.

El TG se expresa como:

$$TG = 0,20 * TF$$

Donde:

TF = Tráfico Futuro o Proyectado.

2.3.1.3 Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)

Es aquel volumen de tránsito atraído de otras carreteras o medios de transporte localizados dentro del área de influencia de la vía, una vez que entra en servicio la vía mejorada en razón del ahorro en tiempo, distancia y costos.

En el Ecuador no existen estudios que respalden el comportamiento del Tráfico Desarrollado para diferentes tipos de vías. En tal virtud, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas recomienda determinar el Tráfico Desarrollado TG como un porcentaje del tráfico futuro TF no mayor al 25% del mismo.

El TD se expresa como:

$$TD = 0,25 * TF$$

Donde:

TF = Tráfico Futuro o Proyectado.

2.3.2 Composición del tránsito vehicular, pesos de vehículos, número y posición de ejes de llantas

Es necesario conocer el tipo de vehículos que circulan por las vías. La característica más importante para el diseño de la estructura del pavimento es el peso de cada uno de estos tipos. Por lo que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas pone a disposición de los diseñadores un cuadro demostrativo de “Nacional de Pesos y Dimensiones”, presentado en la Norma NEVI-12.

“La importancia de conocer el tipo de vehículos, sus pesos y la posición de ejes y ruedas, es la de poder estudiar la magnitud de los esfuerzos en la estructura vial y proyectar adecuadamente la sección transversal.” (Olivera Bustamante, 2001).

| TIPO | DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE | DESCRIPCIÓN | PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas) | LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (m etros) | | |
|------|--------------------------------------|-------------|---|---|--------|------|
| | | | | Largo | Ancho | Alto |
| 2S1 | | | TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE | 29 | 20,50 | 2,60 |
| 2S2 | | | TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES | 38 | 20,50 | 2,60 |
| 2S3 | | | TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES | 42 | 20,50 | 2,60 |
| 3S1 | | | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE | 38 | 20,50 | 2,60 |
| 3S2 | | | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES | 47 | 20,50 | 2,60 |
| 3S3 | | | TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES | 48 | 20,50 | 2,60 |
| 2R2 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES | 40 | 20,50 | 2,60 |
| 2R3 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES | 48 | 20,50 | 2,60 |
| 3R2 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES | 48 | 20,50 | 2,60 |
| 3R3 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES | 48 | 20,50 | 2,60 |
| 2B1 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE | 29 | 20,50 | 2,60 |
| 2B2 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES | 38 | 20,50 | 2,60 |
| 2B3 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES | 42 | 20,50 | 2,60 |
| 3B1 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE | 38 | 20,50 | 2,60 |
| 3B2 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES | 47 | 20,50 | 2,60 |
| 3B3 | | | CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES | 48 | >20,50 | 3,00 |

Figura 2. 2. “Nacional de Pesos y Dimensiones” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013)

2.3.3 Factor de daño – Número de ejes equivalentes

En algunos métodos de diseño es tan solo necesario conocer el número de vehículos que transitarán por cierta vía. Mientras que, en otros, utilizan un *factor de daño*, que es la relación del deterioro que un vehículo dado causa a la estructura del pavimento.

En el Ecuador como en los Estados Unidos y muchos otros países se utiliza un eje sencillo con ruedas simples que soporta 8.2 toneladas de peso. Para el diseño, el número y tipo de vehículos que transitarán en la vía se los traduce en el número total de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que afectarán a la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil.

En los métodos propuestos por la Norma INEN, australiano y británico se utiliza este concepto de *Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas*. Sin embargo, el método utilizado por la Administración Zonal Quitumbe utiliza tan solo el número de vehículos que transitan diariamente por cierta vía.

2.4 Diseño de pavimentos con adoquines de concreto en la Administración Zonal Quitumbe

En la Administración Zonal Quitumbe se utiliza un diseño único sin importar las características específicas de cada calle. Estas características son: ubicación, características propias de cada terreno y cantidad de tráfico que transita por cada una de las calles que son adoquinadas a través de esta Administración Zonal.

Los parámetros utilizados por la Administración Zonal Quitumbe y que son expuestos en los contratos de construcción son: Índice de Soporte de California CBR y cantidad de tráfico que transita. Estos datos son expuestos para todos y cada uno de las calles a ser adoquinadas.

Tabla 2. 2. Diseño de pavimentos en la Administración Zonal Quitumbe

| Datos | | |
|----------------------------|---------------|---|
| Tráfico | H -2 | Volumen de tráfico diario entre 50 y 300 |
| Categoría de la subrasante | CBR = 10 - 14 | Bueno: Gravillas arcillosas, arenas firmes con algún contenido de arcilla |

Estos datos fueron obtenidos de las siguientes dos tablas en la que se detallan que la fuente de consulta es la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas de Quito EMMOP – Q.

Tabla 2. 3. Clases de diseño para adoquines de concreto utilizado por la Administración Zonal Quitumbe

| Clases de diseño para adoquines de concreto | |
|--|---|
| Clase | Descripción |
| L - 1 | Senderos peatonales, calles residenciales, patios, áreas de piscina, vías para bicicletas. |
| L - 2 | Centros y plazas comerciales, parqueaderos, aceras, paradas de buses, parter, salas de exhibición, aproximaciones a aeropuertos. |
| L - 3 | Terminales de transporte terrestre, bodegas, áreas de estaciones de servicio, muelles de carga, pisos industriales para trabajo pesado. |
| H - 1 | Calles residenciales que tengan un volumen de tráfico comercial diario menor de 50. |
| H - 2 | Calles de un volumen medio de tráfico comercial diario entre 50 y 300. |
| H - 3 | Calles con tráfico pesado con un volumen diario de tráfico comercial que exceda a 300. |

Tabla 2. 4. Diseño de pavimentos con adoquines de concreto y espesores de sub base utilizado por la Administración Zonal Quitumbe

| Diseño de pavimentos con adoquines de concreto | | | | | | |
|--|-----------|-------|---------------|---------------|-----------|-------|
| Clase de diseño | | L – 1 | L – 2 | L – 3 y H – 1 | H – 2 | H – 3 |
| Espesor de los adoquines (pulgadas) | | 2 1/2 | 2 1/2 – 3 1/8 | 3 1/8 – 3 5/8 | 3 5/8 – 4 | 4 |
| Espesor de la cama de arena (pulgadas) | | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 | 1 – 2 |
| Espesor de la sub base de piedra triturada y compactada (pulgadas) | | | | | | |
| Condiciones del suelo | | | | | | |
| Descripción | CBR | | | | | |
| Excelente | 15 o más | 2 | 3 | 4 | 4 | 6 |
| Bueno | 10 - 14 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| Regular | 6 - 9 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 |
| Pobre | 5 o menos | 8 | 10 | 12 | 14 | 14 |

Con estos datos se concluye que el diseño para cada una de las calles a ser adoquinadas es el siguiente.

Tabla 2. 5. Espesores del diseño general utilizado por la Administración Zonal Quitumbe

| Diseño | |
|-------------------------------------|----------------|
| Material | Espesores (cm) |
| Adoquín $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ | 8 |
| Cama de arena | 3 |
| Sub base | 21 |
| Total | 32 |

Con lo que se evidencia que existen algunas incoherencias, puesto que según el tipo de tráfico H-2 y CBR entre 10 y 14, el espesor de subbase debe ser 6 pulgadas que corresponden a 15,24 cm, lo que no es concordante con los valores de la Tabla 2.5 que detalla un espesor de subbase de 21 cm en los propios diseños realizados por la Administración Zonal Quitumbe.

Cabe recalcar que este diseño es utilizado para todos los proyectos desde el principio de las acciones de la Administración Zonal.

CAPÍTULO III

3 ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO

Para el presente estudio se realizaron los ensayos de laboratorio de 8 muestras correspondientes a 8 calles y pasajes. Estas son las siguientes.

Parroquia Chillogallo:

- Calle J. Barrio Santa Clara 1.
- Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huarcay.
- Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo.
- Calle A. Barrio San Mateo.

Parroquia La Ecuatoriana:

- Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino.
- Calle 19. Barrio San Alfonso.
- Pasaje 1. Barrio Espejo.
- Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz.

Las tomas de las muestras en campo de material de sub rasante fueron realizadas el día lunes 07 de marzo de 2016 en horas de la mañana.

Los ensayos realizados en laboratorio fueron Próctor Modificado e Índice de Soporte de California CBR de la subrasante. Estos ensayos fueron realizados y validados con el apoyo del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana, ubicado en la avenida Rumichaca y Morán Valverde en el sur de Quito.

3.1 Calle J. Barrio Santa Clara 1

3.1.1 Ubicación

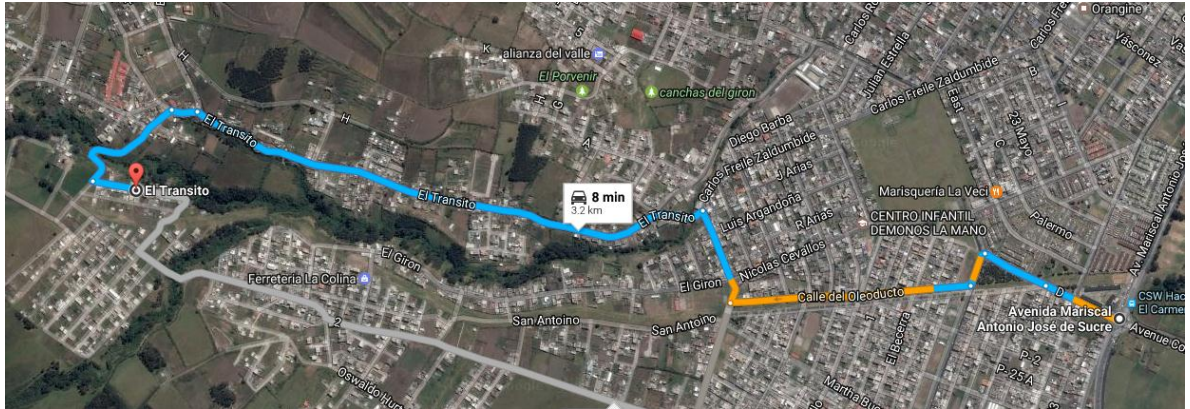


Figura 3. 1. Ubicación Calle J. Barrio Santa Clara 1. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Condor Ñan (Hacienda El Carmen)

3.1.2 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 13 %

3.1.3 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez, color café claro.

3.1.4 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 1. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Viernes 11 de marzo de 2016

| ora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 4 | 0 | 1 | 6 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 5 | 0 | 0 | 6 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 3 | 0 | 1 | 4 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| (%) | 22,2 | 72,2 | 0,0 | 5,6 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 36 |

- Día 2

Tabla 3. 2. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Sábado 12 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 6 | 0 | 1 | 8 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 5 | 0 | 1 | 7 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| (%) | 17,9 | 76,9 | 0,0 | 5,1 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 39 |

- Día 3

Tabla 3. 3. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Domingo 13 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 5 | 0 | 1 | 7 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 6 | 0 | 0 | 7 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 5 | 0 | 0 | 6 |
| 18h00 - 19h00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 14,7 | 79,4 | 0,0 | 5,9 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 34 |

- Día 4

Tabla 3. 4. Aforo vehicular. Calle J. Barrio Santa Clara 1. Lunes 14 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 5 | 0 | 1 | 7 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 6 | 0 | 0 | 7 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 20,0 | 71,4 | 0,0 | 8,6 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 35 |

3.1.5 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{36+39+34+35}{4}$$

$$TA = 36 [\text{Vehículos/Día}]$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97[\%]$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

• Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 36 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 79 [\text{Vehículos/Día}]$$

• Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 36 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 80 [\text{Vehículos/Día}] \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 80$$

$$TG = 16 [\text{Vehículos/Día}]$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 80$$

$$TD = 20[Vehículos/Día]$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 80 + 16 + 20$$

$$TPDA = 116[Vehículos/Día]$$

$$TPDA_d = 120[Vehículos/Día]$$

Tabla 3. 5. Resultados obtenidos de la Calle J. Barrio Santa Clara 1

| Calle J. Barrio Santa Clara 1 | |
|-------------------------------|-------------|
| Ubicación | Chillogallo |
| Índice CBR | 13 % |
| TPDA de Diseño | 120 |

3.2 Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay

3.2.1 Ubicación

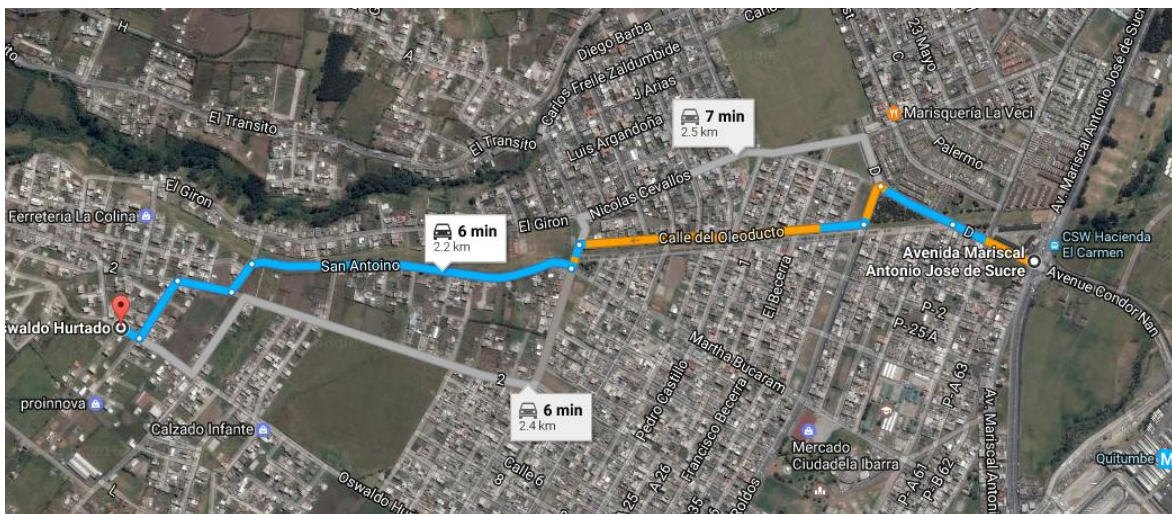


Figura 3. 2. Ubicación Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Condor Ñan (Hacienda El Carmen)

3.2.2 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 20%

3.2.3 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez y gravilla, color café oscuro

3.2.4 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 6. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huarca. Viernes 18 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 17h00 - 18h00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| (%) | 20,0 | 70,0 | 10,0 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 20 |

- Día 2

Tabla 3. 7. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huarca. Sábado 19 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 3 | 1 | 0 | 4 |
| (%) | 23,8 | 66,7 | 9,5 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 21 |

- Día 3

Tabla 3. 8. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay. Domingo 20 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 2 | 0 | 5 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 3 | 1 | 0 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 20,8 | 62,5 | 16,7 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 24 |

- Día 4

Tabla 3. 9. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay. Lunes 21 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 2 | 2 | 1 | 0 | 5 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 3 | 1 | 0 | 6 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| (%) | 26,1 | 56,5 | 17,4 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 23 |

3.2.5 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{20+21+24+23}{4}$$

$$TA = 22 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

• Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 22 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 48 \text{ [Vehículos/Día]}$$

• Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 22 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 49 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 49$$

$$TG = 10 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 49$$

$$TD = 13 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 49 + 10 + 13$$

$$TPDA = 72 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 80 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 10. Resultados obtenidos de la Calle J. Barrio Santa Clara 1

| Calle J. Barrio Santa Clara 1 | |
|-------------------------------|-------------|
| Ubicación | Chillogallo |
| Índice CBR | 20 % |
| TPDA de Diseño | 80 |

3.3 Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo

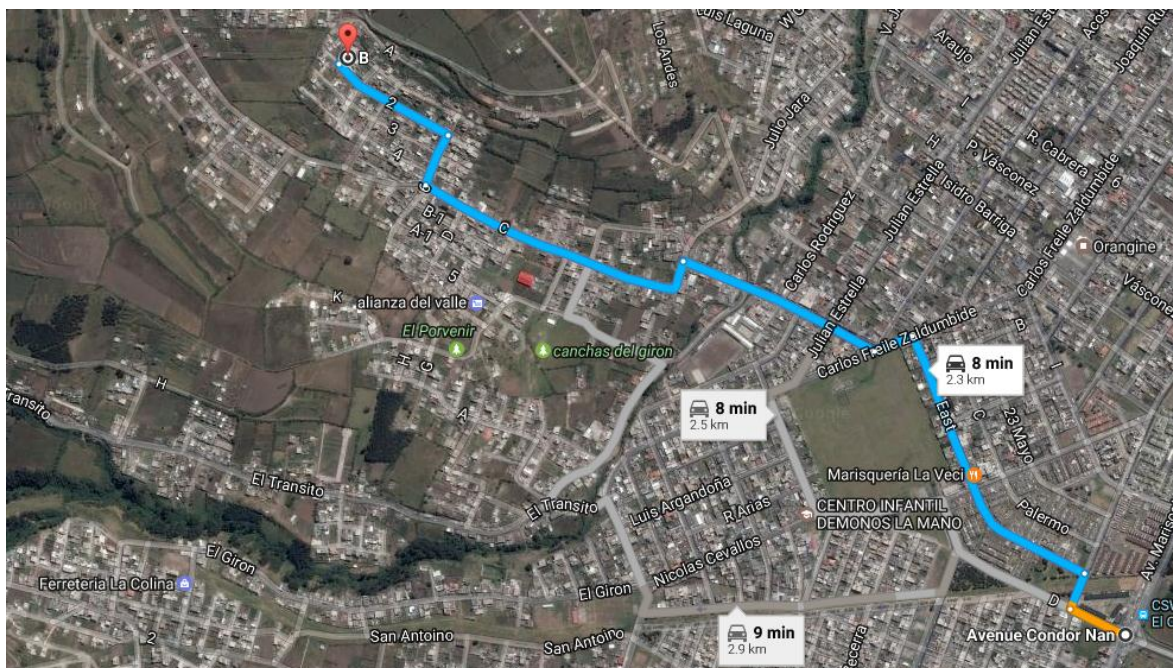


Figura 3. 3. Ubicación Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Condor Ñan (Hacienda El Carmen)

3.3.1 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 17 %

3.3.2 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez, color café grisáceo.

3.3.3 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 11. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Viernes 25 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 16,7 | 66,7 | 0,0 | 16,7 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 18 |

- Día 2

Tabla 3. 12. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Sábado 26 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 08h00 - 09h00 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 17h00 - 18h00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 23,8 | 61,9 | 0,0 | 14,3 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 21 |

- Día 3

Tabla 3. 13. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Domingo 27 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 35,0 | 55,0 | 0,0 | 10,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 20 |

- Día 4

Tabla 3. 14. Aforo vehicular. Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo. Lunes 27 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 33,3 | 52,4 | 0,0 | 14,3 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 21 |

3.3.4 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{18+21+20+21}{4}$$

$$TA = 20 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

• Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 20 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 44 \text{ [Vehículos/Día]}$$

• Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 20 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 45 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 45$$

$$TG = 9 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 45$$

$$TD = 12 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 45 + 9 + 12$$

$$TPDA = 66 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 70 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 15. Resultados obtenidos del Pasaje 4. Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo

| Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | |
|--|-------------|
| Ubicación | Chillogallo |
| Índice CBR | 17 |
| TPDA de Diseño | 70 |

3.4 Calle 4. Barrio San Mateo

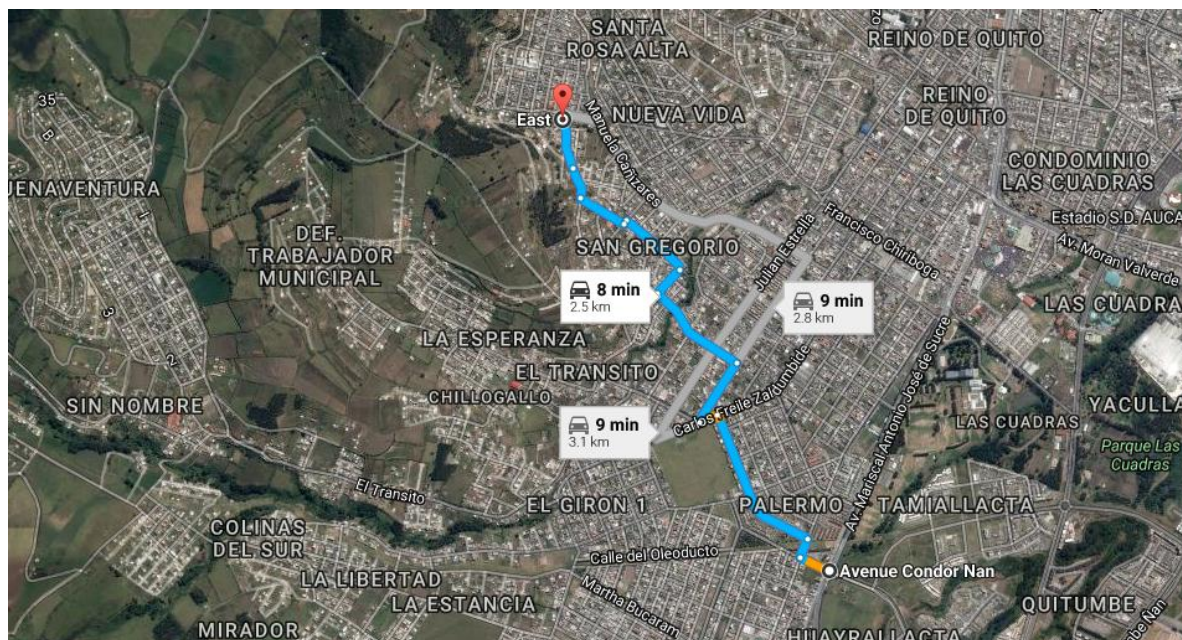


Figura 3. 4. Ubicación Calle 4. Barrio San Mateo. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Condor Ñan (Hacienda El Carmen)

3.4.1 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 26 %

3.4.2 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez y gravilla, color café oscuro.

3.4.3 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 16. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Viernes 1 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 2 | 5 | 1 | 1 | 9 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 5 | 0 | 1 | 7 |
| 08h00 - 09h00 | 2 | 7 | 0 | 2 | 11 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 2 | 1 | 2 | 6 |
| 17h00 - 18h00 | 3 | 4 | 0 | 1 | 8 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 5 | 1 | 1 | 9 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 4 | 0 | 1 | 6 |
| (%) | 21,7 | 56,7 | 5,0 | 16,7 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 60 |

- Día 2

Tabla 3. 17. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Sábado 2 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 4 | 1 | 1 | 7 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 8 | 0 | 2 | 11 |
| 08h00 - 09h00 | 3 | 6 | 0 | 1 | 10 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 13h00 - 14h00 | 2 | 4 | 1 | 0 | 7 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 5 | 0 | 1 | 8 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 5 | 0 | 2 | 9 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| (%) | 21,3 | 62,3 | 3,3 | 13,1 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 61 |

- Día 3

Tabla 3. 18. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Domingo 3 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 5 | 0 | 1 | 7 |
| 08h00 - 09h00 | 2 | 5 | 0 | 2 | 9 |
| 12h00 - 13h00 | 2 | 4 | 0 | 1 | 7 |
| 13h00 - 14h00 | 2 | 3 | 0 | 2 | 7 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 5 | 1 | 2 | 10 |
| 18h00 - 19h00 | 3 | 2 | 0 | 3 | 8 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 25,0 | 50,0 | 1,9 | 23,1 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 52 |

- Día 4

Tabla 3. 19. Aforo vehicular. Calle 4. Barrio San Mateo. Lunes 4 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 2 | 4 | 1 | 1 | 8 |
| 07h00 - 08h00 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 3 | 2 | 0 | 2 | 7 |
| 17h00 - 18h00 | 3 | 3 | 0 | 2 | 8 |
| 18h00 - 19h00 | 4 | 6 | 1 | 2 | 13 |
| 19h00 - 20h00 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 |
| (%) | 32,7 | 43,6 | 3,6 | 20,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 55 |

3.4.4 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{60+61+52+55}{4}$$

$$TA = 57 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

• Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 57 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 125 \text{ [Vehículos/Día]}$$

• Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 57 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 127 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 127$$

$$TG = 26 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 127$$

$$TD = 32 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 127 + 26 + 32$$

$$TPDA = 185 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 190 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 20. Resultados obtenidos de la Calle 4. Barrio San Mateo

| Calle A. Barrio San Mateo | |
|---------------------------|-------------|
| Ubicación | Chillogallo |
| Índice CBR | 26 |
| TPDA de Diseño | 190 |

3.5 Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino

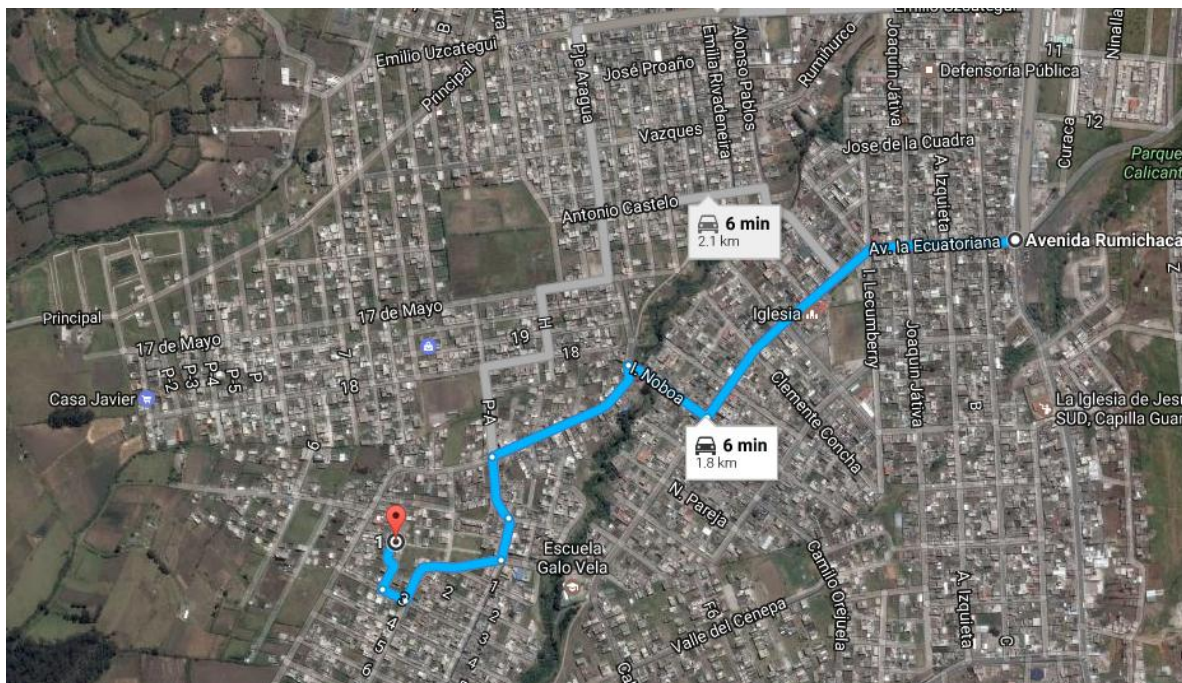


Figura 3. 5. Ubicación Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Avenida Rumichaca

3.5.1 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 10 %

3.5.2 Descripción del material

Limo orgánico arenoso, con pómez y gravilla, restos de escombros, color café oscuro.

3.5.3 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 21. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Viernes 11 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 3 | 0 | 1 | 4 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 21,7 | 69,6 | 0,0 | 8,7 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 23 |

- Día 2

Tabla 3. 22. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Sábado 12 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 17h00 - 18h00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 29,2 | 62,5 | 0,0 | 8,3 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 24 |

- Día 3

Tabla 3. 23. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Domingo 13 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 07h00 - 08h00 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 12h00 - 13h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (%) | 39,1 | 60,9 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 23 |

- Día 4

Tabla 3. 24. Aforo vehicular. Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino. Lunes 14 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 2 | 2 | 0 | 1 | 5 |
| 07h00 - 08h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 45,5 | 45,5 | 0,0 | 9,1 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 22 |

3.5.4 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{23+24+23+22}{4}$$

$$TA = 23 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

- Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 23 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 51 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 23 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 51 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 51$$

$$TG = 11 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 51$$

$$TD = 13 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 51 + 11 + 13$$

$$TPDA = 75 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 80 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 25. Resultados obtenidos de la Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino

| Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | |
|--|----------------|
| Ubicación | La Ecuatoriana |
| Índice CBR | 10 % |
| TPDA de Diseño | 80 |

3.6 Calle 19. Barrio San Alfonso

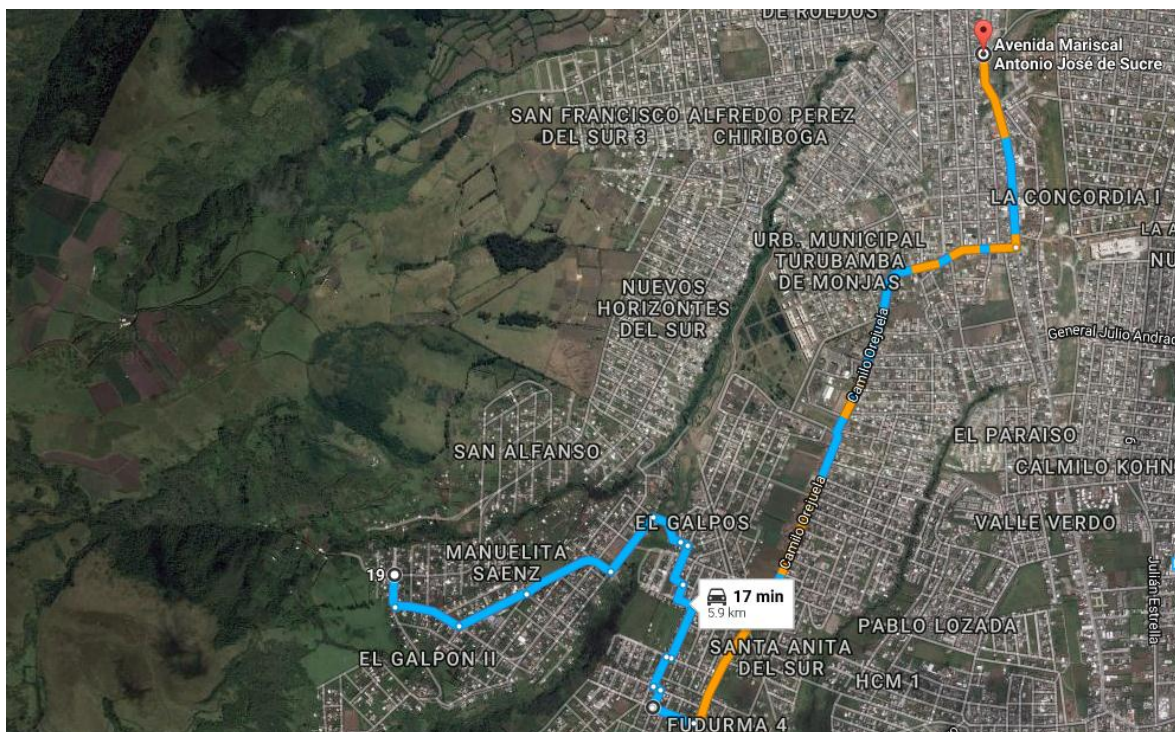


Figura 3. 6. Ubicación Calle 19, Barrio San Alfonso. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Avenida Rumichaca

3.6.1 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 8 %

3.6.2 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez y gravilla, color negruzco.

3.6.3 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 26. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Viernes 18 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 2 | 5 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 17h00 - 18h00 | 3 | 3 | 0 | 1 | 7 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 3 | 1 | 1 | 7 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| (%) | 33,3 | 44,4 | 5,6 | 16,7 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 36 |

- Día 2

Tabla 3. 27. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Sábado 19 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 07h00 - 08h00 | 3 | 3 | 1 | 1 | 8 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 2 | 2 | 1 | 0 | 5 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 4 | 0 | 1 | 7 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 37,8 | 43,2 | 5,4 | 13,5 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 37 |

- Día 3

Tabla 3. 28. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Domingo 20 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 07h00 - 08h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 12h00 - 13h00 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 |
| 13h00 - 14h00 | 2 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 34,4 | 46,9 | 6,3 | 12,5 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 32 |

- Día 4

Tabla 3. 29. Aforo vehicular. Calle 19. Barrio San Alfonso. Lunes 21 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 2 | 3 | 1 | 0 | 6 |
| 07h00 - 08h00 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 |
| 08h00 - 09h00 | 2 | 2 | 0 | 1 | 5 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 33,3 | 46,2 | 5,1 | 15,4 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 39 |

3.6.4 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{36+37+32+39}{4}$$

$$TA = 36 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

• Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 36 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 79 \text{ [Vehículos/Día]}$$

• Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 36 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 80 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 80$$

$$TG = 16 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 80$$

$$TD = 20 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 80 + 16 + 20$$

$$TPDA = 116 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 120 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 30. Resultados obtenidos de la Calle 19. Barrio San Alfonso

| Calle 19. Barrio San Alfonso | |
|------------------------------|----------------|
| Ubicación | La Ecuatoriana |
| Índice CBR | 8 % |
| TPDA de Diseño | 120 |

3.7 Pasaje 1. Barrio Espejo



Figura 3. 7. Ubicación Pasaje 1. Barrio Espejo. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Avenida Rumichaca

3.7.1 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 15 %

3.7.2 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez y raicillas, color café oscuro

3.7.3 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 31. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Viernes 25 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 31,6 | 57,9 | 0,0 | 10,5 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 19 |

- Día 2

Tabla 3. 32. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Sábado 26 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (%) | 38,9 | 44,4 | 0,0 | 16,7 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 18 |

- Día 3

Tabla 3. 33. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Domingo 27 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (%) | 31,6 | 57,9 | 0,0 | 10,5 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 19 |

- Día 4

Tabla 3. 34. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Espejo. Lunes 28 de marzo de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 35,0 | 55,0 | 0,0 | 10,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 20 |

3.7.4 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

- $TA = \frac{19+18+19+20}{4}$

$$TA = 19 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Clase de vehículo predominante en la vía**

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- **Tráfico Futuro o Proyectado (TF)**

- **Método Aritmético**

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 19 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 42 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Método Geométrico**

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 19 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 43 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- **Tráfico Generado (TG)**

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 43$$

$$TG = 9 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 43$$

$$TD = 11 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 43 + 9 + 11$$

$$TPDA = 63 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 70 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 35. Resultados obtenidos del Pasaje 1. Barrio Espejo

| Pasaje 1. Barrio Espejo | |
|-------------------------|----------------|
| Ubicación | La Ecuatoriana |
| Índice CBR | 15 % |
| TPDA de Diseño | 70 |

3.8 Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz

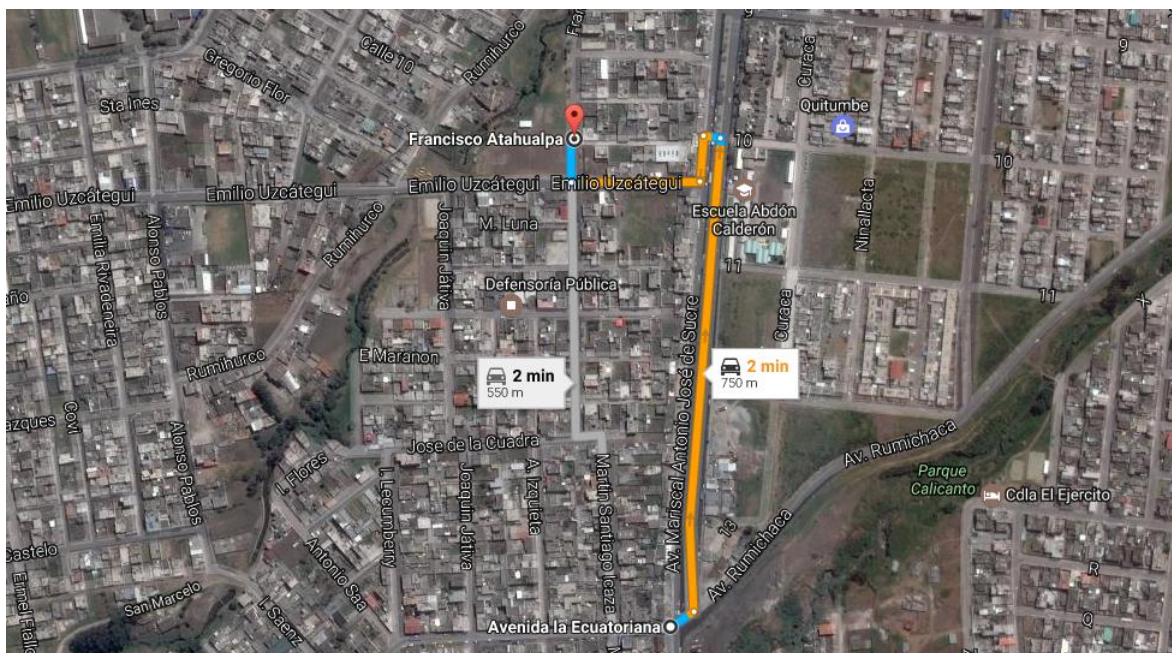


Figura 3. 8. Ubicación Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Punto de referencia: Avenida Mariscal Sucre y Avenida Rumichaca

3.8.1 Índice de Soporte de California CBR

Índice CBR de la subrasante = 11 %

3.8.2 Descripción del material

Limo arenoso, con pómez y gravilla, color café oscuro.

3.8.3 Aforo Vehicular

- Día 1

Tabla 3. 36. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Viernes 1 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| 18h00 - 19h00 | 3 | 4 | 0 | 0 | 7 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| (%) | 28,6 | 71,4 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 28 |

- Día 2

Tabla 3. 37. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Sábado 2 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 5 | 0 | 0 | 6 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 13h00 - 14h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 30,8 | 69,2 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 26 |

- Día 3

Tabla 3. 38. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Domingo 3 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 2 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 13h00 - 14h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 18h00 - 19h00 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 19h00 - 20h00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (%) | 32,0 | 68,0 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 25 |

- Día 4

Tabla 3. 39. Aforo vehicular. Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz. Lunes 4 de abril de 2016

| Hora | Tipos de vehículos | | | | Total |
|---------------------|--------------------|----------|-------|---------|-------|
| | Motos | Livianos | Buses | Pesados | |
| 06h00 - 07h00 | 1 | 5 | 0 | 0 | 6 |
| 07h00 - 08h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 08h00 - 09h00 | 1 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 12h00 - 13h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 13h00 - 14h00 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 17h00 - 18h00 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| 18h00 - 19h00 | 1 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 19h00 - 20h00 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| (%) | 34,5 | 65,5 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Tráfico Actual (TA) | | | | | 29 |

3.8.4 Transporte Promedio Diario Anual TPDA

$$- \quad TA = \frac{28+26+25+29}{4}$$

$$TA = 27 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- Clase de vehículo predominante en la vía

Los resultados de los porcentajes para cada clase de vehículos muestran que para esta vía, predomina la clase LIVIANOS. Por tal motivo, se toma la tasa de crecimiento anual del tráfico (i) correspondiente a esta categoría. $i = 3,97\%$

- Tráfico Futuro o Proyectado (TF)

• Método Aritmético

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

$$TF = 27 * (1 + 0,0397)^{20}$$

$$TF = 59 \text{ [Vehículos/Día]}$$

• Método Geométrico

$$TF = TA * e^{(i*n)}$$

$$TF = 27 * e^{(0,0397*20)}$$

$$TF = 60 \text{ [Vehículos/Día]} \quad \text{*Valor escogido para cálculo.}$$

- Tráfico Generado (TG)

$$TG = 0,20 * TF$$

$$TG = 0,20 * 60$$

$$TG = 12 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **Tráfico Desarrollado o Desviado (TD)**

$$TD = 0,25 * TF$$

$$TD = 0,25 * 60$$

$$TD = 15 \text{ [Vehículos/Día]}$$

- **TPDA de Diseño (TPDA_d)**

$$TPDA = TF + TG + TD$$

$$TPDA = 60 + 12 + 15$$

$$TPDA = 87 \text{ [Vehículos/Día]}$$

$$TPDA_d = 90 \text{ [Vehículos/Día]}$$

Tabla 3. 40. Resultados obtenidos del Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz

| Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | |
|-------------------------------------|----------------|
| Ubicación | La Ecuatoriana |
| Índice CBR | 11 % |
| TPDA de Diseño | 90 |

3.9 Resumen de resultados obtenidos

Tabla 3. 41. Resumen de resultados obtenidos

| Parroquia Chillogallo | | | |
|--------------------------|---|------------|----------------------|
| Calle / Pasaje | Barrio | Índice CBR | No. Vehículos (TPDA) |
| | | [%] | [Vehículos/Día] |
| Calle J | Santa Clara 1 | 13 | 120 |
| Pasaje 1 | Nuevos Horizontes de Huaracay | 20 | 80 |
| Pasaje 4 | Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | 17 | 70 |
| Calle A | San Mateo | 26 | 190 |
| Parroquia La Ecuatoriana | | | |
| Calle / Pasaje | Barrio | Índice CBR | No. Vehículos (TPDA) |
| | | [%] | [Vehículos/Día] |
| Calle Santa María | Santa María del Camino | 10 | 80 |
| Calle 19 | San Alfonso | 8 | 120 |
| Pasaje 1 | Espejo | 15 | 70 |
| Pasaje 1 | Néstor Romero Díaz | 11 | 90 |

CAPÍTULO IV

4 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Después de haber obtenido los resultados en laboratorio del Índice de Soporte de California (CBR) de la subrasante de las 8 calles analizadas y de haber obtenido la proyección futura del flujo vehicular de cada una de las mismas, se realizó la comparación de los resultados obtenidos con cada uno de los métodos analizados. Estos son el utilizado en la Administración Zonal Quitumbe, el recomendado por la norma INEN para tránsito ligero, el método Australiano y el método Británico.

4.1 Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe

Tabla 4. 1. Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe. Calles Chillogallo

| Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe | | | | | | | |
|---|--|------------|--|---------------------------|--|--------------------------|-------------------|
| Nº | Calle/Pasaje | Índice CBR | Administración Zonal Quitumbe - Índice CBR (10 - 14) | Volumen de tráfico diario | Administración Zonal Quitumbe - Volumen de tráfico diario (50 - 300) | Recomendación del método | Evaluación |
| 1 | Calle J. Barrio Santa Clara 1 | 13% | Cumple | 120 | No cumple | 4 in (10 cm) | Sobredimensionado |
| 2 | Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay | 20% | No cumple | 80 | No cumple | 2 in (5 cm) | Sobredimensionado |
| 3 | Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | 17% | No cumple | 70 | No cumple | 2 in (5 cm) | Sobredimensionado |
| 4 | Calle 4. Barrio San Mateo | 26% | No cumple | 190 | No cumple | 2 in (5 cm) | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de Chillogallo el espesor recomendado por este método va de 10 cm a 15 cm por lo que todas las calles se encontrarían sobredimensionadas.

Tabla 4. 2. Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe. Calles La Ecuatoriana

| Evaluación del método utilizado en la Administración Zonal Quitumbe | | | | | | | |
|---|--|------------|--|---------------------------|--|--------------------------|-------------------|
| Nº | Calle/Pasaje | Índice CBR | Administración Zonal Quitumbe - Índice CBR (10 - 14) | Volumen de tráfico diario | Administración Zonal Quitumbe - Volumen de tráfico diario (50 - 300) | Recomendación del método | Evaluación |
| 5 | Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | 10% | Cumple | 80 | No cumple | 4 in (10 cm) | Sobredimensionado |
| 6 | Calle 19. Barrio San Alfonso | 8% | No cumple | 120 | No cumple | 6 in (15 cm) | Sobredimensionado |
| 7 | Pasaje 1. Barrio Espejo | 15% | No cumple | 70 | No cumple | 2 in (5 cm) | Sobredimensionado |
| 8 | Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | 11% | Cumple | 90 | No cumple | 4 in (10 cm) | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de La Ecuatoriana el espesor recomendado por este método va de 5 cm a 15 cm para las calles analizadas por lo que todas se encontrarían sobredimensionadas.

4.2 Comparación con el método recomendado por la norma INEN para tránsito ligero

Tabla 4. 3. Comparación con el método recomendado por la norma INEN. Calles Chillogallo

| Comparación con el método recomendado por la norma GPE INEN 45. Guía práctica. Adoquines de hormigón para tránsito ligero | | | | | |
|--|--|---|---------------------------|---------------------------------|-------------------|
| N° | Calle/Pasaje | Tipo de camino | Tipo de subrasante | Recomendación del método | Evaluación |
| 1 | Calle J. Barrio Santa Clara 1 | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla con sedimento | 190 mm | Sobredimensionado |
| 2 | Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huar cay | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla arenosa | 140 mm | Sobredimensionado |
| 3 | Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla arenosa | 140 mm | Sobredimensionado |
| 4 | Calle 4. Barrio San Mateo | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla arenosa | 140 mm | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de Chillogallo el espesor recomendado por este método va de 14 cm a 19 cm, espesor aún menor a los 21 cm, por lo que todas las calles para este método se encontrarían sobredimensionadas.

Tabla 4. 4. Comparación con el método recomendado por la norma INEN. Calles La Ecuatoriana

| Comparación con el método recomendado por la norma GPE INEN 45. Guía práctica. Adoquines de hormigón para tránsito ligero | | | | | |
|---|--|---|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| N° | Calle/Pasaje | Tipo de camino | Tipo de subrasante | Recomendación del método | Evaluación |
| 5 | Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla con sedimento | 190 mm | Sobredimensionado |
| 6 | Calle 19. Barrio San Alfonso | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Sedimento | 400 mm | Subdimensionado |
| 7 | Pasaje 1. Barrio Espejo | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla arenosa | 140 mm | Sobredimensionado |
| 8 | Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | Callejón u otro camino residencial de menor importancia | Arcilla con sedimento | 190 mm | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de La Ecuatoriana el espesor recomendado por este método va de 14 cm a 19 cm, espesor aún menor a los 21 cm, por lo que todas las calles para este método se encontrarían sobredimensionadas.

4.3 Comparación con el método Australiano

Tabla 4. 5. Comparación con el método Australiano. Calles Chillogallo

| Comparación con el método Australiano | | | | | |
|---------------------------------------|--|------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| Nº | Calle/Pasaje | Índice CBR | Nivel de tránsito | Recomendación del método | Evaluación |
| 1 | Calle J. Barrio Santa Clara 1 | 13% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |
| 2 | Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huaracay | 20% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |
| 3 | Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | 17% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |
| 4 | Calle 4. Barrio San Mateo | 26% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de Chillogallo el espesor recomendado en todas las calles es de 7,5 cm, por lo que todas las calles para este método se encontrarían sobredimensionadas.

Tabla 4. 6. Comparación con el método Australiano. Calles La Ecuatoriana

| Comparación con el método Australiano | | | | | |
|--|--|-------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------|
| N° | Calle/Pasaje | Índice CBR | Tipo de camino | Recomendación del método | Evaluación |
| 5 | Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | 10% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |
| 6 | Calle 19. Barrio San Alfonso | 8% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |
| 7 | Pasaje 1. Barrio Espejo | 15% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |
| 8 | Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | 11% | 0.5 - 1.5 | 75 mm | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de La Ecuatoriana el espesor recomendado en todas las calles es de 7,5 cm, por lo que todas las calles para este método se encontrarían sobredimensionadas.

4.4 Comparación con el método Británico

Tabla 4. 7. Comparación con el método Británico. Calles Chillogallo

| Comparación con el método Británico | | | | | |
|-------------------------------------|--|------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| N° | Calle/Pasaje | Índice CBR | Nivel de tránsito (EE/día) | Recomendación del método | Evaluación |
| 1 | Calle J. Barrio Santa Clara 1 | 13% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |
| 2 | Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huarca | 20% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |
| 3 | Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | 17% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |
| 4 | Calle 4. Barrio San Mateo | 26% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de Chillogallo el espesor recomendado en todas las calles es de 15 cm, por lo que todas las calles para este método se encontrarían sobredimensionadas.

Tabla 4. 8. Comparación con el método Británico. Calles La Ecuatoriana

| Comparación con el método Británico | | | | | |
|-------------------------------------|--|------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| N° | Calle/Pasaje | Índice CBR | Nivel de tránsito (EE/día) | Recomendación del método | Evaluación |
| 5 | Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | 10% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |
| 6 | Calle 19. Barrio San Alfonso | 8% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |
| 7 | Pasaje 1. Barrio Espejo | 15% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |
| 8 | Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | 11% | < 60 | 150 mm | Sobredimensionado |

El diseño de la Administración Zonal Quitumbe considera un espesor de sub base de 21 cm. En el caso de las calles de La Ecuatoriana el espesor recomendado en todas las calles es de 15 cm, por lo que todas las calles para este método se encontrarían sobredimensionadas.

4.5 Cuadros comparativos con los resultados obtenidos

Tabla 4. 9. Cuadro comparativo con los resultados obtenidos. Calles Chillogallo

| N° | Métodos evaluados | Administración Zonal Quitumbe | INEN Tránsito Ligero | Método Australiano | Método Británico |
|----|--|-------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| | Calle/Pasaje | | | | |
| 1 | Calle J. Barrio Santa Clara 1 | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |
| 2 | Pasaje 1. Barrio Nuevos Horizontes de Huar cay | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |
| 3 | Pasaje 4. Barrio Turubamba de Monjas 2. Colinas de Chillogallo | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |
| 4 | Calle 4. Barrio San Mateo | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |

De acuerdo a todos los métodos analizados el espesor de sub base para las calles pertenecientes a Chillogallo es menor a 21 cm, valor utilizado en el diseño de la Administración Zonal Quitumbe. Por lo que el diseño para este método se encontraría sobredimensionado.

Tabla 4. 10. Cuadro comparativo con los resultados obtenidos. Calles La Ecuatoriana

| N° | Métodos evaluados | Administración Zonal Quitumbe | INEN Tránsito Ligero | Método Australiano | Método Británico |
|----|--|----------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| | Calle/Pasaje | | | | |
| 5 | Calle Santa María. Barrio Santa María del Camino | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |
| 6 | Calle 19. Barrio San Alfonso | Sobredimensionado | Subdimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |
| 7 | Pasaje 1. Barrio Espejo | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |
| 8 | Pasaje 1. Barrio Néstor Romero Díaz | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado | Sobredimensionado |

De acuerdo a todos los métodos analizados el espesor de sub base para las calles pertenecientes a La Ecuatoriana es menor a 21 cm, valor utilizado en el diseño de la Administración Zonal Quitumbe. Por lo que el diseño para este método se encontraría sobredimensionado.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En el presente estudio se analizaron varios métodos del diseño de la estructura de pavimentos con adoquines de concreto y se los comparó con el utilizado en la Administración Zonal Quitumbe. A primera vista, para cada uno de los métodos, la estructura de pavimento utilizada en el sur de la ciudad de Quito se encontraría sobredimensionada. Sin embargo, en la mayoría de los métodos estudiados no se toma en cuenta el efecto que causaría el espesor de los bloques de adoquín ni la resistencia de los mismos, por lo que habría que realizar un estudio más exhaustivo para determinar su efecto.
- El único método que toma en cuenta el aporte del espesor del bloque de adoquín y además el de la cama de arena es el Americano, que combina ambas estructuras a través del coeficiente de capa a_1 . El inconveniente con este método para el presente estudio al igual que el método japonés, es que se complica su comparación ya que los parámetros utilizados difieren al resto de métodos mencionados.
- El método de diseño de pavimentos con adoquines de concreto utilizado por la Administración Zonal Quitumbe es único en cuanto a su estructura se refiere, es decir que los espesores de las capas del pavimento son las mismas, sea que la vía o calle a adoquinar tenga un uso ligero o intenso de tráfico. La única variante de diseño que diferencia el uso de la vía es la resistencia que tiene el adoquín a utilizar. Para el caso del diseño que hace parte del presente estudio, las resistencias sugeridas para el adoquín son de 350kg/cm^2 si la vía tiene uso vehicular ligero, y 400kg/cm^2 si la vía tiene un tránsito pesado. Sin embargo, en ningún método de diseño utilizado para comparar y validar el diseño de pavimentos con adoquines de concreto utilizado por la Administración Zonal Quitumbe, se hace referencia a las características que debe tener el adoquín como parte de la estructura del pavimento,

en tal virtud, se debería realizar un estudio a profundidad que permita establecer parámetros de comparación que sirvan a su vez para mejorar métodos y diseños existentes.

- Del estudio realizado se evidencia que en 5 de los 8 casos analizado el Índice de Soporte de California (CBR) de la subrasante es distinto al establecido en el diseño propuesto por la Administración Zonal Quitumbe. Esto es entre 10 % y 14 %. Por lo que el espesor de la capa de sub base se encontraría sobredimensionado para las particularidades de cada uno de los métodos. Además, se evidencia que existen incoherencias en los propios estudios realizados por la Administración Zonal Quitumbe. Esto es que el espesor de capa de sub base debería encontrarse entre 10 cm y 15 cm para la mayoría de las calles y no en 21 cm como el diseño propuesto.
- En todas las calles analizadas se encuentra que el tráfico futuro estudiado es igual al establecido en el diseño propuesto por la Administración Zonal Quitumbe. Esto es entre 50 y 300 vehículos diarios.
- En los métodos propuestos por la Norma INEN, australiano y británico se utiliza el concepto de *Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas*. Sin embargo, el método utilizado por la Administración Zonal Quitumbe utiliza tan solo el número de vehículos que transitan diariamente por cierta vía. Esto puede deberse a que la mayoría de vehículos que transitan son livianos y no pueden transformarse a ejes equivalentes de 8.2 toneladas. Además de esto en la norma ecuatoriana existente, los métodos INEN para tránsito ligero y tránsito pesado no son consistentes en sus parámetros.
- A pesar de que existe una normativa vigente respecto al espesor de los adoquines de concreto, en el país se ofertan adoquines de 60 mm para tránsito vehicular, cuando en la norma NTE INEN 1448:87 sobre requisitos de adoquines el espesor mínimo para tránsito vehicular es de 80 mm.
- En la presente disertación se mencionó el método americano y japonés para el diseño de pavimentos con adoquines de concreto. Sin Embargo, no se puede hacer una comparación con estos métodos porque no utilizan parámetros similares para el diseño.

5.2 Recomendaciones

- La aplicación de cualquiera de estos métodos utilizado en países distintos al que fue desarrollado no garantiza un correcto desempeño del pavimento por lo que es tarea de las autoridades locales calibrar el método a ser utilizado frente a condiciones locales para obtener los mejores resultados.
- Dimensionar la sub base en exceso incurre en costos que pueden llegar a ser demasiado elevados para la institución contratante por lo que se recomienda obtener el Índice de Soporte de California (CBR) de la subrasante, y una aproximación más real del tráfico futuro que transitará por una vía, para así poder optimizar recursos.
- La norma Ecuatoriana vial NEVI – 12 no menciona en ninguno de sus volúmenes el diseño de pavimentos con adoquines de concreto por lo que debería ser incluido un método general que complemente las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes MOP – 001 – F 2002, que tan solo las propiedades de los materiales a ser utilizados.
- Hay que controlar el proceso constructivo y la calidad de los materiales para que el diseño tenga un desempeño óptimo y cumpla con la vida útil.

6 BIBLIOGRAFÍA

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures.

American Society for Testing and Materials ASTM. (2015). Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³) (2,700 kN-m/m³). D 1557 – 12.

American Society for Testing and Materials ASTM. (s.f.). Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils. D 1883 - 14.

Bahamondes, R., & Vargas-Tejada, S. (2013). Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón.

Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito (Registro oficial 226. 31 de Diciembre de 1997).

Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD (Registro Oficial Suplemento 303. 11 de Octubre de 2010).

Das, B. M. (s.f.). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. Sacramento: THOMSON LEARNING.

d'concreto. Soluciones para la construcción. (s.f.). *Productos*. Obtenido de d-concreto.com

Hormipisos. Adoquines de hormigón. (s.f.). *Catálogo adoquines. 6cm*. Obtenido de www.hormipisos.com

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). Guía de práctica de adoquines de hormigón para tránsito ligero. Quito.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). Guía de práctica de adoquines de hormigón para tránsito pesado. Quito.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (Octubre de 1986). Adoquines. Requisitos. Quito.

- Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Blanco, V., & del Val, M. (2004). *Ingeniería de Carreteras*. Madrid: McGRAW-HILL.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP - 002 - F 2002. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP. Volumen N°2 - Libro A. Norma para estudios y diseños viales*. Quito.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2016). Obtenido de www.quito.gob.ec
- Olivera Bustamante, F. (2001). *Estructuración de vías terrestres*. México: Compañía Editorial Continental.
- Plan Anual de Contratación (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas 2015).
- Resolución No. 0008 (Consejo Metropolitano de Quito 08 de Marzo de 2010).
- Salvador, P., & Salvador, J. (1979). *Manual Visualizado de Ensayos para Pavimentos*. Quito: PUCE.
- Sánchez de Guzmán, D. (s.f.). *Tecnología del Concreto*. Bogotá.
- Secretaría General de Planificación - MDMQ. (2015). Plan Operativo Anual - POA / Ejercicio Fiscal 2015.
- Wright, P., & Dixon, K. (2011). *Ingeniería de Carreteras*. México: Limusa Wiley.